

**Schönheit in abstrakter Kunst:  
Beeinflussende statistische Eigenschaften und Adaptationseffekte**

**Dissertation**

zur Erlangung des Doktorgrades doctor medicinae (Dr. med.)

Dem Rat der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena vorgelegt von:

**Birgit Mallon**

geboren am 11.12.1990 in Gera

**Juni 2015**

Die vorliegende Dissertation wurde im Rahmen der Grundlagenforschung am Institut für Anatomie I der Friedrich-Schiller-Universität Jena unter der wissenschaftlichen Aufsicht von Herrn Prof. Dr. Dr. Christoph Redies angefertigt. Sie beruht auf der folgenden Originalpublikation:

Mallon B, Redies C, Hayn-Leichsenring GU. 2014. Beauty in abstract paintings: perceptual contrast and statistical properties. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8: 161.

**Gutachter:**

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Datum des Staatsexamens: \_\_\_\_\_

## Abkürzungsverzeichnis

u.a.	-	unter anderem
z.B.	-	zum Beispiel

### Farbraumbezeichnungen:

HSV	-	Hue (Farbton), Saturation (Farbsättigung), Value (Farbwert)
RGB	-	Rot, Grün, Blau
Lab	-	Luminance (Helligkeit), a-Kanal (Verhältnis von Rot zu Grün), b-Kanal (Verhältnis von Gelb zu Blau)

# INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	2
EINLEITUNG	3
1. Entwicklungen in der experimentellen Ästhetik	3
1.1. <i>Perceptual Contrast</i> und Adaptation	6
2. Adaptation	6
2.1. Physiologische Grundlagen der Adaptation	8
2.2. Ebenen der Adaptation	11
2.2.1 Komplexität der Adaptoren	11
2.2.2 Ebenen der neuronalen Verarbeitung	12
2.2.3 Dauer des Adaptationseffektes	13
3. Analyse statistischer Bildeigenschaften	13
3.1. Selbstähnlichkeit	15
3.2. Komplexität	16
3.3. Anisotropie	16
3.4. Birkhoff-ähnliches Maß	16
3.5. Bildformat	17
3.6. Farbwerte	17
ZIELE DER ARBEIT UND EXPERIMENTELLES VORGEHEN	18
1. Experiment 1	18
2. Experiment 2	19
ORIGINALPUBLIKATION: Mallon B, Redies C, Hayn-Leichsenring GU. 2014. Beauty in abstract paintings: perceptual contrast and statistical properties. <i>Frontiers in Human Neuroscience</i> , 8: 161.	20
DISKUSSION	34
1. Adaptation - Mit der Schönheit steigt der Anspruch	34
2. Farbwerte: Prägung durch Evolution und Biografie	36
3. Andere Bildeigenschaften als Farbwerte: clusterspezifische Selbstähnlichkeit	40
4. Zur Bedeutung der Neuroästhetik in der Hirnforschung	43
5. Zur Bedeutung von Kunst in der Medizin	45
SCHLUSSFOLGERUNGEN	49
LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS	50
LEBENS LAUF	61
EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	62



## **ZUSAMMENFASSUNG**

Das Forschungsgebiet der Experimentellen Ästhetik untersucht die Wahrnehmung von Kunstwerken und anderen Stimuli, denen eine ästhetische Qualität zugesprochen wird. Hierbei können sowohl das wahrnehmende Subjekt, wie auch das wahrgenommene Objekt im Fokus der Untersuchung liegen. In der vorliegenden Arbeit wurden beide Ansätze verfolgt und der Versuch unternommen, diese zu verbinden.

In einer früheren Studie von Hayn-Leichsenring und Kollegen (2013) konnte ein Adaptationseffekt für Attraktivität von Gesichtern gezeigt werden. Attraktivität wurde hierbei in Beziehung gesehen mit sexuellem Interesse. Anliegen der vorliegenden Studie war es herauszufinden, ob Adaptation auch auf abstrakte Schönheit ohne Interesse möglich ist.

In einem zweistufigen Experiment wurde anhand von Bewertungen durch Probanden untersucht, ob bei der Wahrnehmung von Schönheit in abstrakten Kunstbildern ein solcher Effekt eintritt. Im zweiten Teil der Studie prüften wir diese Schönheitsbewertungen auf Korrelationen mit statistischen Bildeigenschaften, welche zuvor mit Schönheit in Verbindung gebracht worden waren.

Es zeigte sich ein Adaptationseffekt für wahrgenommene Schönheit in abstrakten Kunstbildern. Von den untersuchten Bildeigenschaften konnten insbesondere für Selbstähnlichkeit und verschiedene Farbwerte Korrelationen mit den Schönheitsbewertungen nachgewiesen werden. Interessanterweise unterschieden sich die Schönheitsbewertungen der Probandengruppen hinsichtlich ihrer Korrelationen mit Bildeigenschaften, was ein Hinweis auf die Existenz verschiedener interindividueller Schönheitskonzepte sein könnte.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zum besseren Verständnis der psychophysischen Grundlagen der Wahrnehmung von Schönheit. Die Stabilität der Beobachtungen in anderen sozialen und kulturellen Kontexten bleibt zukünftigen Studien vorbehalten.

## **EINLEITUNG**

Das Ergründen des Schönen in der Kunst war nach unserem heutigen Wissensstand stets ein zentrales Anliegen der Philosophen. Von Aristoteles über Kant bis hin zu Adorno versuchten die großen Denker der europäischen Geschichte zu ergründen was, wodurch und wozu Kunst ist. Mit der Experimentellen Ästhetik begründete Gustav Theodor Fechner im 19. Jahrhundert den naturwissenschaftlichen Versuch der Untersuchung dieser Fragestellungen. Die beiden zentralen Ansätze dafür sind die Erforschung der Wahrnehmung von Kunst mit Blick auf das wahrnehmende Subjekt zum einen und die Vermessung der Eigenschaften von Kunst mit Fokus auf das Kunstobjekt zum anderen. Die vorliegende Arbeit verfolgt beide Ansätze und versucht sie zu verbinden. In zwei Teilen wird die wahrgenommene Schönheit in abstrakten Kunstbildern und deren Abhängigkeit von bestimmten Bildeigenschaften untersucht. Zum Verständnis wird einleitend ein Überblick zu wichtigen Entwicklungen in der Experimentellen Ästhetik gegeben. Im Anschluss daran wird der für die vorliegende Arbeit zentrale Begriff der Adaptation eingeführt. Abschließend wird die statistische Bildanalyse mit einigen für die Experimente wichtigen Bildeigenschaften erläutert und ein Ausblick auf das experimentelle Vorgehen gegeben.

### **1. Entwicklungen in der Experimentellen Ästhetik**

Die Experimentelle Ästhetik ist eines der ältesten Forschungsgebiete der Psychologie (Allesch 1987). Ihr Begründer, der Mediziner und Philosoph Gustav Theodor Fechner (1801 - 1887), unterschied eine *Ästhetik von oben* und eine *Ästhetik von unten*. Demnach betrachtet die *Ästhetik von oben* die in Kunstwerken dargestellte Ästhetik, welche nach Schönheit strebt und mit dem Guten und Wahren in Zusammenhang steht. Dies entspricht dem Ästhetikbegriff der traditionellen Philosophie: *Von oben herab* wird von allgemeinen Ideen und Begriffen auf das Einzelne geschlossen. Demgegenüber verfolgt die *Ästhetik von unten* einen empirischen, induktiven Ansatz: vom Einzelnen werden Rückschlüsse auf allgemeine Prinzipien getroffen. Dieses Vorgehen schließt alltägliches Schönheitserleben jenseits der professionellen Kunst mit ein und untersucht sie experimentell als psychologisches Phänomen. Fechners *Ästhetik von unten* begründete so das Forschungsgebiet der Experimentellen Ästhetik (Behrouz 2010, Fechner 1876).

In der Experimentellen Ästhetik wird die Wahrnehmung von Kunstwerken und anderen Stimuli erforscht, denen eine ästhetische Qualität zugesprochen wird. Der Fokus der

Untersuchung kann dabei entweder auf der wahrnehmenden **Person** oder dem wahrgenommenen **Objekt** liegen. Die Analyse der Wahrnehmung einer **Person** kann auf drei verschiedenen Ebenen ausgeführt werden: der physiologischen, der behavioralen und der phänomenalen Ebene (wobei *phänomenal* hierbei einen subjektivistischen Ansatz beschreibt und nicht mit dem philosophischen Gebiet der Phänomenologie verwechselt werden sollte; Allesch 2006). Dementsprechend wird untersucht, auf welche Weise Körpervorgänge, wie beispielsweise Aktivitätsmuster bestimmter Hirnareale, das Verhalten der wahrnehmenden Person oder ihr Erleben in Abhängigkeit vom Wahrgenommenen verändern. So gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen, welche versuchen die neuronale Verarbeitung visueller Wahrnehmung - beispielsweise die der Farben (Bartels und Zeki 2000, Zeki und Marini 1998), von scheinbarer Bewegung in Kunstwerken (Kim und Blake 2007) oder von Komposition (Park und Chong 2012) - zu entschlüsseln. Eine große Zahl von Autoren suchen gar nach den neuronalen Korrelaten von Schönheit beziehungsweise ästhetischer Wahrnehmung (u.a. Cela-Conde et al. 2011, Ishizu und Zeki 2013, Jacobs et al. 2012, Kawabata und Zeki 2011, Vartanian und Goel 2004). Zaidel und Nadal (2011) ziehen Parallelen zwischen ästhetischer Wahrnehmung und moralischem Urteilen, indem sie bemerken, dass beide zu großen Teilen dieselben neuronalen Strukturen nutzen. Sie stützen sich dabei unter anderem auf MRT-Untersuchungen anderer Autoren (Tsukiura und Cabeza 2010). Leder und Kollegen unternahmen schließlich den Versuch ein Modell der neuronalen Informationsverarbeitungsvorgänge ästhetischen Wahrnehmens zu erstellen (Leder et al. 2004). Solche ambitionierten Ansätze in Zukunft weiter fortführen und verfeinern zu können, verspricht aufschlussreiche Erkenntnisse über die Funktionsweise menschlicher Wahrnehmung.

Die Herangehensweise bei der Analyse des ästhetischen **Objektes** hat sich in der Geschichte der Experimentellen Ästhetik von Fechners induktivem Ansatz ausgehend stark entwickelt. Eine seiner bekanntesten Hypothesen ist die der Schönheit des *Goldenen Schnittes*. Diese besagt, dass rechteckige Körper mit einem Seitenverhältnis von etwa 1 : 1,618 (wenn also die Summe der langen und der kurzen Seite sich zur langen Seite verhält, wie die lange zur kurzen Seite) im Vergleich zu anderen Rechtecken besonders ästhetisch seien. In modernen Studien konnte der Zusammenhang zwischen Schönheit und dieser speziellen geometrischer Form nicht bestätigt werden (z.B. Boselie 1992, McManus 1980). Allerdings wurde das Vorkommen des *Goldenen Schnittes*, so wie die ihm verwandten *Fibonacci-Folge* im Pflanzenreich beobachtet, wo sie scheinbar der

Konstruktionsoptimierung, der maximalen Raumnutzung und der Minimierung des Energieverbrauchs dienen (Graham und Redies 2010). Obwohl die von Fechner postulierten Maße mittlerweile nicht mehr als Universalien der Ästhetik angesehen werden, ist sein Hauptwerk, die *Vorschule der Ästhetik* von 1876, bis heute für die Analyse statistischer Bildeigenschaften prägend. Insbesondere beeinflusste Fechner jene Forscher, welche versuchten Ästhetik mit informationstheoretischen Ansätzen zu erklären. Die wichtigsten Vertreter der Informationstheorie möchte ich an dieser Stelle erwähnen: Der Mathematiker George David Birkhoff (1884 - 1944) postulierte ein Maß, demzufolge sich der ästhetische Wert eines Bildes aus dem Verhältnis von Ordnung und Komplexität ergibt. Für ihn wurde Ordnung bestimmt durch die geometrischen Verhältnisse der Bildelemente (beispielsweise Balance, Harmonie und Symmetrie). Komplexität maß er an der Anzahl der Aufmerksamkeitszentren, auf die der Blick des Betrachters gelenkt wird (Birkhoff 1933). Auf Birkhoffs Gedanken aufbauend, entwickelte Bense zusammen mit Moles die *informationstheoretische Ästhetik*, welche Ästhetik in Beziehung zu Philosophie, Mathematik und Semiotik setzt. Das in dieser Theorie dargelegte Konzept von Ordnung und Komplexität geht vom Entropiebegriff nach Shannon aus, einem Maß für den mittleren Informationsgehalt pro Zeichen einer Quelle (Bense 1969, Moles 1971). In einer neueren Veröffentlichung wurde dieser Ansatz um die Maße *Kolmogorovs Komplexität* und *Zureks physikalische Entropie* erweitert (Rigau et al. 2008). Der Medienwissenschaftler und Kunstpsychologe Rudolf Arnheim (1904 - 2007) verfolgte diese Auseinandersetzung mit Entropie und Ordnung weiter. Er schrieb Ordnung die Funktion zu, Kunst zu strukturieren und somit dem menschlichen Geist zugänglich zu machen (Arnheim 1971). Andere Autoren kritisierten, der informationstheoretische Ansatz sei ungeeignet, die wirkliche „Entropie“ eines Bildes zu bestimmen. Da dies eine Größe der Wahrnehmung sei, könne sie nicht allein aus statistischer Bildinformation gewonnen werden, sondern hänge auch davon ab, welche symbolische Bedeutung das Dargestellte für den Betrachter hat (Chandler und Field 2007, Kersten 1987). In Abschnitt 3 werden aktuelle Entwicklungen der Analyse statistischer Bildeigenschaften hinsichtlich ihrer ästhetischen Qualitäten besprochen.

Die von mir durchgeführte Studie verfolgt in **Experiment 1** einen phänomenalen Ansatz, welcher über Bewertungen der **Probanden** deren ästhetische Wahrnehmung untersucht. Hier wird also das wahrnehmende Subjekt in den Fokus genommen. **Experiment 2** untersucht die im ersten Versuchsteil verwendeten Bilder und betrachtet somit das **Objekt** des jeweiligen Wahrnehmungsprozesses.

### 1.1. *Perceptual Contrast* und Adaptation

Eines der am intensivsten untersuchten Phänomene in der Experimentellen Ästhetik ist *perceptual contrast*. Die deutsche Übersetzung hierfür ist „Wahrnehmungskontrast“. Ich werde im Folgenden für diesen sowie für einige weitere Fachtermini die englische Originalbezeichnung verwenden, da eine Übersetzung für diese unüblich ist und dem Verständnis nicht förderlich scheint. *Perceptual contrast* beschreibt die Veränderung der Bewertung eines Stimulus weg von der Bewertung eines vorangegangenen Stimulus (Baccus und Meister 2004).

Für die Erklärung der Existenz von *perceptual contrast* gibt es unterschiedliche Ansätze, von denen der populärste und am besten untersuchte die Existenz von visuellen Gewöhnungs- beziehungsweise Adaptationsprozessen ist.

Webster (2001) stellte in seinem Übersichtsartikel über die Forschung an visuellen Adaptationsprozessen fest, dass diese häufig auftreten und bereits seit langem bekannt sind (siehe z.B. Gibson und Radner 1937). Die ersten Forschungsarbeiten auf dem Gebiet beschäftigen sich mit relativ einfachen Bildeigenschaften wie dem *color aftereffect* (Farbennacheffekt) oder dem *tilt aftereffect* (Neigungsnacheffekt; beide beschrieben von: Gibson 1937). In den 70er Jahren entdeckten Wissenschaftler die Adaptation als Mittel zur Erforschung des Sehsystems. John Mollons Ausspruch „*If you can adapt it, it's there*“ folgend, wies man die Existenz eigenständiger neuronaler Verarbeitung bestimmter Objektmerkmale nach, indem man Probanden auf sie adaptieren ließ.

Auch ich werde mich im nächsten Kapitel vor allem auf die Adaptation als Ursache von Bewertungsveränderungen beziehen und möchte dafür die Grundlagen des Adaptationsbegriffes in seiner Bedeutung für die Experimentelle Ästhetik darstellen:

## 2. Adaptation

„*Fitting the mind to the world*“ Clifford und Rhodes 2005

Als Adaptation werden Prozesse bezeichnet, bei denen das visuelle System seine Verarbeitungsweise an Veränderungen der Umgebung anpasst (Clifford et al. 2007). Dadurch behält das sensorische System auch bei veränderten Umgebungsbedingungen, beispielsweise bei Änderung der Lichtverhältnisse, eine hohe Sensitivität. So ist es dem menschlichen Auge möglich, bei sehr verschiedenen Lichtverhältnissen (Leuchtdichte bis zum Faktor  $10^{12}$  unterschiedlich) zu sehen (Shapley und Enroth-Cugell 1984). So erkennt

man die Blätter eines Baumes im Abendlicht noch als grün, auch wenn das von ihnen ausgehenden Licht eher im roten oder gelben Wellenlängenbereich liegt. Adaptation ist notwendig, weil eine sich ständig ändernde Umwelt nicht von einem Sehsystem mit fixen Eigenschaften optimal verarbeitet werden könnte (Webster 2001). Einerseits wird hierbei die sensorische Diskriminierungsfähigkeit auf mittlere Reizstärken angepasst, welche nah an der Durchschnittsintensität liegen, sodass man sich in einförmigen Umgebungen orientieren kann. Andererseits wird das Erkennen außergewöhnlicher Reize erleichtert, die sich in einzelnen oder mehreren Eigenschaften deutlich von dem in der Umgebung üblichen Ausmaß unterscheiden (zum Beispiel die leuchtenden Farben von Früchten im Blattwerk). Durch Unterdrücken der gewöhnlichen sowie der ständig vorhandenen Reize werden neue Reize relativ zu diesen hervorgehoben (Dragoi et al. 2002, Hosoya et al. 2005, Sharpee et al. 2006). Adaptationsmechanismen finden sich nicht nur für visuelle Eindrücke, sondern bei der neuronalen Wahrnehmung jeglicher Sinneseindrücke (z.B. Gent und McBurney 1978, Ulanovsky et al. 2004, Westerman und Smith 1984). Da unsere Sinne sich immer an die gegenwärtigen Verhältnisse anpassen, befinden wir uns permanent in einem Zustand der Adaptation (Webster 2001). So bemerken wir beispielsweise unangenehme Gerüche nach einiger Zeit kaum noch, auch wenn sie uns zunächst als äußerst penetrant erschienen. Clifford und Kollegen vermuteten darüber hinaus, dass Adaptation auch dafür wichtig sein könnte, subjektive Eindrücke trotz Veränderungen innerhalb eines Organismus konstant zu halten. So erscheint ein Gegenstand meist alten wie jungen Menschen in ähnlicher Weise und wir nehmen einen Gegenstand nicht deutlich anders wahr, wenn er sich nicht im Zentrum, sondern in der Peripherie unseres Sichtfeldes befindet, obwohl die Änderungen hinsichtlich der räumlichen Auflösung sowie der Farbsensitivität beträchtlich sind (Clifford et al. 2007). Anders ausgedrückt, erfolgt durch Adaptation eine Steigerung der Effizienz durch Minimierung von Redundanzen (Kohn 2007). Dabei können metabolisch kostenintensive Prozesse vermieden werden (Laughlin 2001, Lennie 2003).

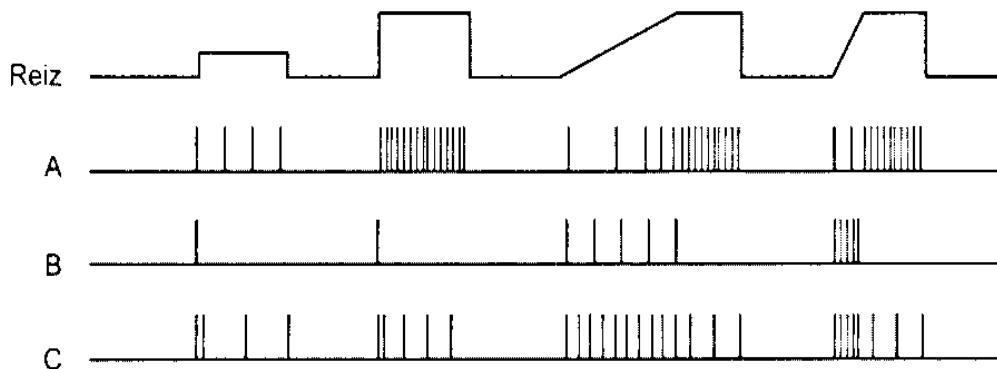
Zusammenfassend kann man sagen: Adaptation dient durch Anpassung der Reizverarbeitungsmechanismen der Verbesserung von Wahrnehmung und der Schonung von Energieressourcen. Die verschiedenen Adaptationsleistungen werden durch unterschiedliche physiologische Prozesse erreicht, auf die im folgenden Kapitel eingegangen werden soll.

## 2.1. Physiologische Grundlagen der Adaptation

Die Sinnesphysiologie definiert Adaptation als Gewöhnung oder Anpassung an einen andauernden Reiz. Der Begriff wird meist im Zusammenhang mit der Funktionsweise von Sensororganen verwendet. Man unterscheidet adaptierende von nicht adaptierenden Sensoren. Die adaptierenden Sensoren weisen eine Differentialempfindlichkeit auf (auch D-Verhalten beziehungsweise phasische oder dynamische Empfindlichkeit genannt). Das bedeutet, dass die Amplitude des Sensorpotentials nur hoch ist, wenn die Reizstärke rasch zunimmt und bei gleichbleibender Reizstärke mit der Zeit geringer wird. Die Vater-Pacini-Körperchen, welche in der Haut zur Wahrnehmung mechanischer Signale dienen, sind ein typisches Beispiel für einen schnell adaptierenden Sensor. Im Gegensatz hierzu zeigen nicht adaptierende Sensoren Proportionalempfindlichkeit (auch P-Verhalten bzw. tonische oder statische Empfindlichkeit genannt). Die Amplitude ihres Sensorpotentials ändert sich bei gleichbleibender Reizstärke über die Zeit nicht oder nur sehr langsam. Typische proportionalempfindliche Sensoren sind Schmerzrezeptoren. Die Funktionsweise von Sensoren mit P- bzw. D-Verhalten ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt. Die meisten Sensororgane zeigen eine Mischform der oben beschriebenen Arbeitsweisen, also ein PD-Verhalten. Je nach Funktion zeigen sie Proportional- und Differentialempfindlichkeit in verschiedener Gewichtung – beispielsweise Temperaturrezeptoren. So nehmen wir rasche Temperaturänderungen deutlich wahr, gewöhnen uns aber auch schnell an geänderte Temperaturen. Die hier beschriebenen Verhaltensweisen von Sensoren beziehen sich auf Formen der Transduktion, womit die Umwandlung der Reizenergie in eine Membranpotentialänderung beziehungsweise ein Sensorpotential beschrieben wird. Adaptationsvorgänge sind der Physiologie aber auch auf Ebene der Transformation, der Umwandlung von Sensorpotentialen in Aktionspotentialserien bekannt. Hier kann der Umkodierungsprozess ein adaptives Verhalten zeigen, was als Frequenzadaptation bezeichnet wird. Ursache dafür ist vermutlich eine erhöhte Leitfähigkeit von Kaliumkanälen im afferenten Axon des Neurons, welches das Signal vom Sensor empfängt. Durch sie nimmt die Membranerregbarkeit ab (Behrends et al. 2012).

In der vorliegenden Arbeit gebrauche ich den Adaptationsbegriff, wie er in der Psychophysik verwendet wird. Dort wird ebenfalls davon ausgegangen, dass durch Gewöhnung die Reaktion auf einen gleichbleibenden Reiz abnimmt. Auch wenn einfache neuronale Prozesse, wie die oben beschriebenen, dabei sicher eine wichtige Rolle spielen, wurden in den letzten Jahrzehnten viele weitere Vermutungen darüber aufgestellt, durch welche Mechanismen Adaptation zustande kommt. Im Folgenden möchte ich eine

kurze Zusammenfassung dieser Theorien geben. Sofern nicht anders angegeben, stütze ich meine Ausführungen dazu auf den Übersichtsartikel von Thompson und Burr (2009):



**Abbildung 1: Dynamische Eigenschaften von Sinneszellen**

A: Proportional-Rezeptor: AP-Frequenz ist proportional der Reizamplitude

B: Differential-Rezeptor: AP-Frequenz ist proportional der Änderungs-  
geschwindigkeit der Reizamplitude

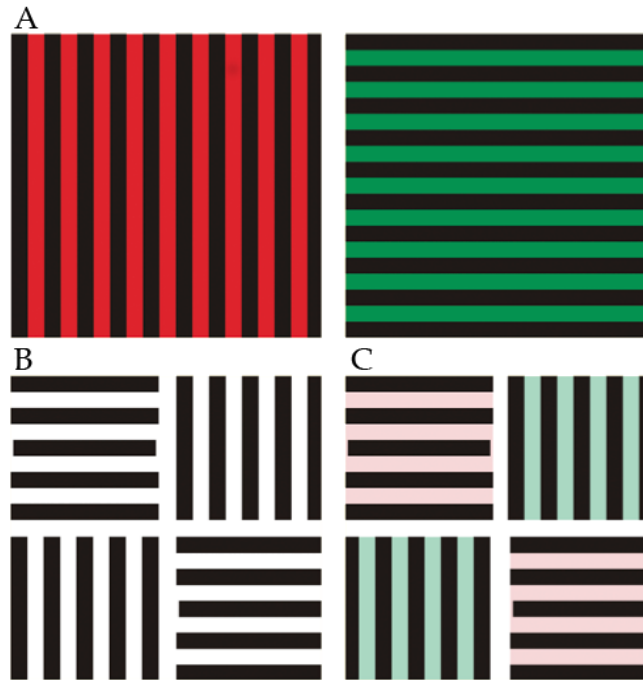
C: PD-Rezeptor: Rezeptor mit P- und D- Eigenschaften

(modifiziert nach Fahlke et al. 2008)

Bereits ab dem frühen 20. Jahrhundert wurden vor allem neuronale Ermüdungsprozesse und Hemmmechanismen zur physiologischen Erklärung von Adaptationsphänomenen herangezogen (u.a. Mollon 1976, Myers 1925). Beobachtungen von Adaptationseffekten, die über sehr lange Zeiträume fortbestehen, versuchte man dadurch zu erklären, dass die Testsituation mit dem neuronalen Ermüdungszustand assoziiert wird und dass sich diese Verknüpfung dem Probanden unbewusst eingeprägt hat (Favreau 1979). Kohn (2007) liefert eine Übersicht zu physiologischen Erklärungsansätzen für Hemmmechanismen an verschiedenen Lokalisationen im Nervensystem und zeigt auf, dass vor allem für Hyperpolarisation und Desensitisierung durch Abbau von Vesikeln in Synapsen wissenschaftliche Nachweise gefunden werden konnten (u.a. Carandini und Ferster 1997, Chance et al. 1998). Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Dauer und Komplexität der Adaptation und die von ihr betroffenen Bereiche viel umfassender darstellten, als man zunächst angenommen hatte. Daraus schloss man, dass Ermüdung und Hemmung nicht die einzigen zugrunde liegenden Mechanismen sein können. Bei der Suche nach weiteren



Ansätzen fand man in vielen Sinneskanälen eine Art Verstärkungsregelung. Durch diese wird erreicht, dass Neuronen mit verhältnismäßig kleinen Aktivitätsspektren weit größere Reizspektren bearbeiten können. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist das Sehsystem, welches in Helligkeitsspektren mit einem Ausmaß von mehreren Zehnerpotenzen arbeitet. Man beobachtete außerdem, dass *motion aftereffects* (Bewegungsnacheffekte) kleiner sind, wenn sich der Proband während der Adaptationsphase selbst bewegt hatte. Die Bewegung lieferte scheinbar eine Art Erklärung für das Beobachtete, wodurch nachfolgende Adaptionseffekte geringer ausfielen. Barlow (1989) beschrieb den Prozess der Dekorrelation. Demnach steuert das Nervensystem der verbundenen Wahrnehmung mehrerer miteinander kombinierter Sinneseindrücke entgegen, weil die Effizienz der Adaptation durch eine solche verbundene Wahrnehmung eingeschränkt würde. Beobachten kann man diesen Vorgang im McCollough-Effekt (auch *orientation-contingent color aftereffect*, orientierungsbedingter Farbennacheffekt genannt; Houck und Hoffman 1986; siehe Abbildung 2). Das Gehirn versucht die Verbindung vertikaler Orientierung mit Rot und horizontaler Orientierung mit Grün zu entkoppeln, indem es die Sensitivität für diese Farben in entsprechender Kombination absenkt. Beobachten können wir dies durch den Nacheffekt beim Blick auf die Linien in Schwarzweiß. Im Nervensystem scheinen also komplexe Rekalibrierungsprozesse vonstatten zu gehen, in welche ganz verschiedene Hirnregionen involviert sind. Clifford und Kollegen (2007) vermuteten sogar, dass die Anzahl verschiedener Adaptationsmechanismen sich der Vielzahl von unterschiedlich strukturierten neuronalen Vorgängen, die der Adaptation unterliegen, annähert. Kontrovers diskutiert wird derzeit der Einfluss von Aufmerksamkeit auf Adaptationsprozesse. Bei vielen Untersuchungen auf dem Gebiet scheint sie eine wichtige Rolle zu spielen. Allerdings lässt sich hierbei eine gewisse begriffliche Unschärfe beobachten, da die Adaptation oftmals nicht klar von anderen Lernvorgängen abgegrenzt wird. Manche Autoren betrachten Adaptation selbst als einen Lernvorgang (Teich und Quian 2003). Notwendig ist eine Abgrenzung beispielsweise in Hinblick auf den ebenfalls unbewussten und nichtassoziativen Lernvorgang der Habituation. Letztere tritt dann ein, wenn ein spezifischer Reiz wiederholt dargeboten wird und die Antwort auf ihn deshalb unterbleibt (Städtler 2003). Gewöhnung durch Aufmerksamkeitsverschiebung wird in der Sinnesphysiologie dem Vorgang Habituation zugeschrieben, welcher neben der Adaptation (die nach physiologischer Definition unwillkürlich abläuft) einen weiteren Mechanismus zu Anpassung der Wahrnehmung an die Umwelt darstellt (Birbaumer und Schmidt 2005).



**Abbildung 2: Der McCollough-Effekt**

Adaptation auf wechselnde Muster mit roten vertikalen und grünen horizontalen Linien (A) führt bei Betrachten eines schwarz-weißen Testmusters (B) zur Wahrnehmung der jeweiligen Komplementärfarbe (C).

(modifiziert nach Thompson und Burr 2009)

## 2.2. Ebenen der Adaptation

Adaptationsprozesse wurden lange Zeit als kurzzeitige Phänomene im Bereich der frühen neuronalen Verarbeitung betrachtet, die als Reaktion auf einfache Stimuli auftreten. Anlass dazu hatte die Entdeckung einfacher Adaptationseffekte, wie das Auftreten komplementärfarbiger Nachbilder bei langem Fixieren farbiger Gegenstände oder Flächen gegeben, der sogenannte *color aftereffect* (Schneider 1971). Die weiteren Nachforschungen zeigten, dass das Phänomen der Adaptation sehr viel umfassender ist, als zunächst angenommen. Im nächsten Abschnitt möchte ich diesen Erkenntnisprozess für verschiedene hierbei diskutierte Aspekte nachzeichnen.

### 2.2.1. Komplexität der Adaptoren

Die ersten Untersuchungen zum Hervorrufen von Nacheffekten wurden zunächst mit einfachen Adaptoren, wie Linien (Gibson 1937) oder Bewegungen (Adams 1834) durchgeführt. Ursächlich hierfür waren vermutlich der damals noch rudimentäre

Kenntnisstand auf diesem Gebiet sowie die beschränkten technischen Möglichkeiten. In den letzten Jahren setzte sich die Adaptationsforschung zunehmend mit komplexen Stimuli auseinander. Insbesondere das menschliche Gesicht ist hierbei weithin zum Forschungsobjekt geworden, da es von außerordentlichem Interesse für die soziale Interaktion ist. Beispielsweise konnten Adaptationseffekte auf Geschlecht (Troje et al. 2006), Alter (Schweinberger et al. 2010) und Attraktivität (Rhodes et al. 2003) nachgewiesen werden, um nur auf einige der Arbeiten auf diesem Gebiet hinzuweisen.

### **2.2.2. Ebenen der neuronalen Verarbeitung**

Als neuronales Korrelat der beobachteten Wahrnehmungsveränderungen wurden in Tierexperimenten Ermüdungsprozesse und Hemmmechanismen an Synapsen und dem Nervenkörper (Soma) identifiziert (Albrecht et al. 1984, Bonds 1991). Diese Prozesse wurden vor allem in den frühen Bereichen der neuronalen Leitungsbahnen vermutet und untersucht. So finden sich zahlreiche Veröffentlichungen zu Adaptationsprozessen der retinalen Ganglienzellen (u.a. Baccus und Meister 2002, Shapley und Victor 1978, Hosoya et al. 2005). In der weiteren Untersuchung zeigte sich jedoch, dass bei verschiedenen Sinneseindrücken unterschiedliche Mechanismen auf vielen verschiedenen neuronalen Ebenen zur Ausbildung des Adaptationseffektes beitragen. Rentzeperis und Kollegen (2012) beschrieben beispielsweise, dass die Adaptation von Farbe und Form auf getrennten, sich nicht gegenseitig beeinflussenden Ebenen erfolgt. Zudem wurden Adaptationseffekte auch auf höherer neuronaler Ebene, wie dem primären visuellen Cortex der Sehrinde (V1-Areal) und dem mit Bewegung und Lokalisation von Objekten assoziierten MT-Areal (Antal et al. 2004) nachgewiesen. Die Adaptation auf komplexe Stimuli scheint in höheren Cortexbereichen lokalisiert – so gibt es zahlreiche Berichte über selektiv auf Gesichter adaptierende Zellen im temporalen Cortex (Clifford und Rhodes 2005). Es existieren sogar Zellpopulationen, die selektiv auf bestimmte Merkmale, wie Blickrichtung oder Identität adaptieren (Thompson und Burr 2009). Vermutlich gibt es also viele reizspezifische Lokalisationen für diese Vorgänge. Dass Adaptationvorgänge von verschiedenen Bildeigenschaften aber dennoch interagieren, zeigte McCollough (siehe oben), indem er eine Wechselwirkung zwischen Kontrast- und Farbennacheffekten demonstriert (Houck und Hoffman 1986). Die Entstehung von Adaptationseffekten scheint weit komplexer zu sein, als es zunächst angenommen worden war. Scheinbar gibt es kaum einen Teil des Gehirns, der dabei nicht mit eingebunden ist.

### 2.2.3. Dauer des Adaptationseffektes

Die meisten Studien zu Adaptation beziehen sich auf Effekte, die nicht länger als einige Sekunden anhalten. Oft wird Adaptation sogar mit diesen Kurzzeiteffekten gleichgesetzt. Daher sind auch die für die Kurzzeitadaptation relevanten physiologischen Prozesse viel besser untersucht, als jene für länger anhaltende Effekte (Kohn 2007). Dennoch gibt es Berichte über Nacheffekte, die noch nach Tagen und Wochen nachweisbar sind (Jones und Holding 1975, Skowbo et al. 1975). Zudem ist die Länge des Adaptationseffektes durch die Experimentieranordnung beeinflussbar: Thompson und Burr (2009) zeigten, dass dieser länger nachweisbar ist, wenn der Proband nach der Adaptationsphase die Augen schließt. Kohn (2007) beschrieb, dass sich das Muster der Zellantwort je nach Dauer der Adaptationsphase verändert. Allerdings fällt insbesondere bei Prozessen im Langzeitspektrum die Abgrenzung zu anderen Lernprozessen, wie der Habituation schwer, weil die Definitionen der verschiedenen Lernvorgänge zum Teil nicht scharf voneinander abzutrennen sind (siehe oben). Da *adaptation* aus dem Englischen wörtlich übersetzt nichts anderes bedeutet als Anpassung oder Gewöhnung, ist diese Konfusion verständlich. Es bleibt Aufgabe zukünftiger Forschungsarbeit, diese Definitionen zu schärfen und weitere Erkenntnisse über mittel- und langfristige Adaptationseffekte zusammenzutragen.

## 3. Analyse statistischer Bildeigenschaften

*„Kunst und Wahrnehmung basieren auf der Struktur von Form und Farben.“* Rudolf Arnheim 1954

Zu den historischen Wurzeln der Analyse des ästhetischen Objektes wurde in Kapitel 1 eine Einführung gegeben, in deren Zentrum das Werk Theodor Fechners und die informationstheoretische Ästhetik stand. Im Vergleich zu diesen intuitiven und theoretisch hergeleiteten Ansätzen ermöglichen die technischen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte neue Herangehensweisen mit empirischen, computergestützten Methoden. So können Bilder und andere Forschungsobjekte auf Eigenschaften hin untersucht werden, die sie als ästhetisch ansprechend charakterisieren. Datta und Kollegen (2006) programmierten Computer darauf, die Ästhetik von Bildern zu bewerten, indem sie diese das Bewertungsverhalten von Probanden analysieren ließen. Redies und Kollegen (2007) analysierten die Selbstähnlichkeit des Fourier-Power-Spektrums von Kunstbildern einerseits und Landschaftsaufnahmen, Pflanzennahaufnahmen und Fotografien von

Alltagsgegenständen andererseits. Sie beobachteten, dass die Landschaftsbilder und Kunstbilder sehr ähnliche Werte für Selbstähnlichkeit aufweisen. Sie nahmen an, dass Künstler intuitiv Bilder schaffen, deren statistische Eigenschaften ähnlich denen natürlicher Szenen sind: entsprechend der Savannen-Hypothese (Heerwagen und Orians 1993, Orians 1986) ist das Gehirn optimal an die Umgebung angepasst, in welcher es sich entwickelt hat und kann diese effizient verarbeiten. Sinneseindrücke, die effizient verarbeitet werden können, aktivieren möglicherweise das Belohnungssystem unseres Gehirns und rufen so positive Gefühle hervor (Olshausen und Field 1996). Daher vermuteten Redies und Kollegen, dass Kunstbilder deshalb als angenehm oder schön wahrgenommen werden, weil ihre statistischen Eigenschaften ähnlich denen von Landschaften sind und somit effizient vom Sehsystem verarbeitet werden können (Redies et al. 2007a). Weitere Beispiele für die Anwendung moderner Technik in der Experimentellen Ästhetik sind die Vorhersage emotionaler Reaktionen auf Gemälde (Yanulevskaya et al. 2012) und die computergestützte Charakterisierung von Maltechniken (Wallraven et al. 2009).

Etwas näher eingehen möchte ich auf die Entwicklung der PHOG-Methode (vom englischen *Pyramid of Histograms of Orientation Gradients*), welche ursprünglich von Bosch und Kollegen (2007) zur Klassifizierung von Bildern und Objekterkennung entwickelt worden war und in meiner Studie bei der Berechnung der Selbstähnlichkeit Anwendung findet. PHOG-Deskriptoren sind globale Eigenschaftsvektoren, die auf einer meist mehrstufigen pyramidalen Unterteilung des Bildes in jeweils vier Teilbilder basieren. Eine solche Datenstruktur wird in der Computer-Vision als *quadtree* (Quadrantebaum) bezeichnet. Für die einzelnen Teilbilder werden Histogramme von Orientierungsgradienten (*Histograms of Orientation Gradients*, kurz HOG genannt; Dalal und Triggs 2005) erstellt. Diese können untereinander in einer Ebene (Level) und auf unterschiedlichen Ebenen verglichen werden (Redies et al. 2012, Redies und Groß 2013, Braun et al. 2013). Um die farbigen Bilder in der vorliegenden Studie analysieren zu können, wurden diese in den Lab-Farbraum konvertiert. Das Vorgehen bei der PHOG-Methode zur Bestimmung der Selbstähnlichkeit wird im dazugehörigen Absatz vertiefend erläutert.

Bestimmten statistischen Bildeigenschaften wurde eine besondere Bedeutung für den ästhetischen Wert eines Kunstwerkes zugesprochen: Selbstähnlichkeit, Komplexität, Anisotropie, Birkhoff-ähnliches Maß, dem Bildformat und verschiedenen Farbwerten. Auch ich habe mich bei meiner Arbeit auf diese statistischen Parameter konzentriert und werde sie in den folgenden Absätzen vorstellen.

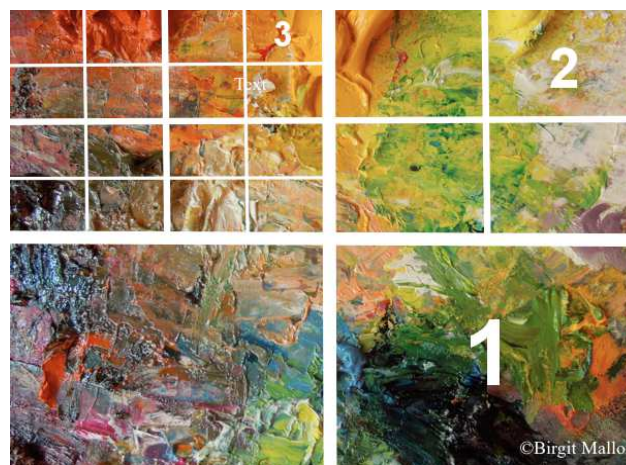
### 3.1. Selbstähnlichkeit

Selbstähnlichkeit bezeichnet die Eigenschaft eines Objektes, das in seiner Gesamtheit einzelnen Ausschnitten seiner selbst strukturell ähnlich ist. Sehr ähnliche Konzepte sind Skaleninvarianz und Fraktalität. Die relative Verteilung von groben und feinen Strukturen ändert sich beim Herein- und Herauszoomen kaum, wenn ein Bild oder sonstiges Objekt sehr selbstähnlich beziehungsweise fraktal ist (Graham und Field 2007, Melmer et al. 2013, Redies et al. 2007a, Boon et al. 2011).

Die in der gegenwärtigen Studie verwendete PHOG-Methode zum Bestimmen der Selbstähnlichkeit wurde von Amirshahi und Kollegen (2012) eingeführt. Dabei wird wie folgt vorgegangen (nach der Beschreibung von Braun et al. 2013; siehe Abbildung 3):

1. Bestimmung der HOG-Eigenschaften für das gesamte Bild (Level 0).
2. Unterteilung des Bildes in vier gleichgroße Teilbilder und Bestimmung der HOG-Eigenschaften für jedes von diesen (Level 1).
3. Jedes Teilbild auf Level 1 wird wieder in jeweils vier Teilbilder unterteilt (Level 2) und für jedes der entstandenen 16 Teilbilder werden die HOG-Eigenschaften berechnet.
4. Die Unterteilung und Neuberechnung kann beliebig fortgeführt werden, wodurch immer kleinere Teilbilder entstehen. In der vorliegenden Studie wurde bis Level 3 (64 Teilbilder) unterteilt. Bei weiterer Unterteilung entstehen sehr kleine Bilder mit zunehmend ähnlicher Helligkeitsverteilung und kleineren Gradienten, mit welchen keine verlässlichen Ergebnisse mehr erzielt werden können (Amirshahi et al. 2012).

Zur Berechnung der Selbstähnlichkeit wurden die HOG-Eigenschaften aller 64 Teilbilder auf Level 3 jeweils mit dem Gesamtbild auf Level 0 verglichen.



**Abbildung 3: Vorgehen bei der PHOG-Methode**

Einteilung des Gesamtbildes (= Level 0) in 3 kleinere Levels zur Berechnung der HOG-Bildeigenschaften.

### **3.2. Komplexität**

Komplexität bezeichnet die Menge der in einem Bild enthaltenen Strukturen. Berlyne (1974) nahm an, dass ein hoher Grad an Ästhetik einhergeht mit einem mittleren Grad an Komplexität. Diese Ansicht wird immer noch von vielen auf dem Gebiet der Experimentellen Ästhetik geteilt (für einen Überblick, siehe Nadal 2007). Allerdings ist die Bandbreite von Komplexität in anerkannten Kunstwerken sehr groß (Redies et al. 2012) und ein Bereich mittlerer Komplexität konnte bislang nicht quantifiziert werden. Dass Komplexität bei der ästhetischen Wahrnehmung eine bedeutende Rolle zukommt, wurde in zahlreichen Studien gezeigt (Forsythe et al. 2011, Jacobsen und Höfel 2002, Rigau et al. 2008). Um ein Maß für die Komplexität zu erhalten, berechnete ich in der vorliegenden Studie mit der PHOG-Methode (siehe oben) die Summe aller Stärken der Orientierungsgradienten im Gesamtbild (Level 0).

### **3.3. Anisotropie**

Anisotropie ist ein Maß für die statistische Varianz der Orientierungen innerhalb eines Bildes. Sie ist umso größer, je variabler die Orientierungen der Bildstrukturen ausgeprägt sind. Bei sehr isotropen Bildern sind die Orientierungen von Linien etwa gleich stark über alle Richtungen verteilt. Im Gegensatz hierzu wäre ein Bild, das nur die Stämme von Bäumen zeigt, eher anisotrop, da die Orientierungen vor allem in der vertikalen Ebene zu finden wären. Koch und Kollegen (2010) zufolge weisen Kunstwerke aus einem westlichen kulturellen Kontext ein isotroperes Fourier-Spektrum auf als ihre entsprechenden realen Vorlagen, was darauf hin deuten könnte, dass isotrope Bilder als besonders ästhetisch ansprechend wahrgenommen werden. Auch die Anisotropie wurde mit der HOG-Methode bestimmt: Hierzu diente die Standardabweichung der Stärke der Helligkeitsgradienten des Gesamtbildes (Level 0) als Maß.

### **3.4. Birkhoff-ähnliches Maß**

Birkhoff vermutete, dass sich der ästhetische Wert eines visuellen Reizes durch eine Funktion beschreiben lässt, die sich aus dem ihm eigenen Verhältnis von Ordnung und Komplexität ergibt (Birkhoff 1933). Dieser Idee folgend entwickelten Redies und Kollegen (2012) das Birkhoff-ähnliche Maß, wobei sie Selbstähnlichkeit als Ordnungsmaß einsetzten. Das Birkhoff-ähnliche Maß wird mittels Division von Selbstähnlichkeit durch Komplexität berechnet.

### 3.5. Bildformat

Im Lauf der Kunstgeschichte wurden bestimmte Seitenverhältnisse immer wieder als besonders ästhetisch ansprechend postuliert. Das wahrscheinlich populärste Beispiel hierfür ist der *Goldene Schnitt* (siehe oben). In der Experimentellen Ästhetik konnten bislang keine Belege für diese Theorie gefunden werden. Allerdings scheinen verschiedene Bildarten besser in bestimmten Formatgrenzen darstellbar zu sein. Beispielsweise werde bei Porträts das Hochformat, bei Landschaftsbildern eher das Querformat bevorzugt (McManus 1980, Russell 2000). In der vorliegenden Studie habe ich überprüft, ob ein bestimmtes Bildformat (definiert als Quotient von Höhe und Länge) bevorzugt wird, indem ich die Schönheitsbewertungen aus Experiment 1 auf Korrelationen mit dem Format hin untersuchte.

### 3.6. Farbwerte

Oft ist die Rolle der Farbe in der Experimentellen Ästhetik betont worden. In den letzten Jahren geschah dies besonders im Zusammenhang mit Ansätzen, welche versuchen mittels Computerprogrammen die ästhetische Qualität von Gemälden und Fotografien zu quantifizieren (Li und Chen 2009, Marchesotti et al. 2011). Forsythe und Kollegen (2011) hoben die Bedeutung von Farbe als Kommunikationsmedium zwischen Künstler und Betrachter hervor.

Ich habe in der vorliegenden Studie Farbmaße in drei unterschiedlichen Farbräumen (RGB, HSV und Lab) untersucht, die in zahlreichen Studien zu Bewertung der Bildqualität verwendet wurden.



## **Ziele der Arbeit und experimentelles Vorgehen**

Einleitend habe ich die Entwicklung der Experimentellen Ästhetik dargestellt, wobei ich vertiefend auf die für meine Arbeit wichtigen Gebiete der statistischen Bildanalyse und der Adaptation eingegangen bin. Bei letzterer habe ich erläutert, dass immer komplexere Stimuli zum Forschungsobjekt wurden – schließlich sogar personale Eigenschaften, die unsere sozialen Interaktionsprozesse beeinflussen (siehe oben). Nun möchte ich darlegen, wie sich aus den Erkenntnissen der bisherigen Forschung der experimentelle Ansatz für meine Studie ergibt und diesen im Folgenden erläutern.

Hayn-Leichsenring und Kollegen (2013) wiesen Adaptationseffekte für Attraktivität bei der Betrachtung von Gesichtsfotografien und Kunstporträts nach. Im Falle der Kunstporträts konnte zudem auch für Schönheit ein solcher Wahrnehmungskontrast nachgewiesen werden. In der vorliegenden Studie verfolgte ich diesen wissenschaftlichen Ansatz weiter. Dazu untersuchte ich, ob sich Adaptation auf Schönheit auch dann nachweisen lässt, wenn die bewerteten Bilder frei von semantischem Inhalt sind, welcher die Schönheitsbewertung möglicherweise beeinflussen kann. Ergebnisse von Vessel und Kollegen (2010) weisen daraufhin, dass die Bewertung von abstrakten Bildern deutlich breiter gefächert ist, als jene von darstellender Kunst. Sie führten dies auf weithin geteilte Interpretationen und Bewertungen des semantischen Inhalts von Darstellungen zurück. Diesen Erkenntnissen folgend verwendete ich nur Bilder, die keine erkennbaren Objekte beinhalten. Mit diesem Vorgehen sollte der Einfluss von emotionalen Einstellungen gegenüber Bildinhalten und damit verbundenen Verzerrungen der Bewertungen minimiert werden. Natürlich kann dies letztlich nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Die dadurch limitierte Bilderauswahl kann die Schönheit als formale Bildeigenschaft jedoch relativ unabhängig von Präferenzen für semantische Inhalte erfolgen.

### **1. Experiment 1**

In Experiment 1 versuchte ich herauszufinden, ob bei der Bewertung von 150 abstrakten Kunstbildern hinsichtlich ihrer Schönheit ein Adaptationseffekt nachgewiesen werden kann. Vessel und Kollegen (2010) zeigten, dass bei abstrakter Kunst die Bewertung von Bildern subjektspezifischer ist als bei anderen Kunststilen. Um den interindividuellen Präferenzen Rechnung zu tragen wurden die Probanden in 7 Cluster eingeteilt. Die

Unterteilung erfolgte auf Basis ihrer Bewertung der Stimuli in einem initialen Durchlauf (Experiment 1A). Die für das Clustern verwendete Methode war das K-Means-Clustering. In einem Cluster befanden sich jene Probanden, die häufig die gleichen Bilder positiv beziehungsweise negativ bewertet hatten. Für jedes der 7 Probandencluster konnten nun entsprechend der abgegebenen Bewertungen jeweils 3 spezifische Bildersets zusammengestellt werden: eines mit *bevorzugten*, eines mit *nicht bevorzugten* und ein weiteres mit als *durchschnittlich* bewerteten Bildern. Mit diesen Sets wurde der Adaptationseffekt untersucht (Experiment 1B). Ich ging davon aus, dass der Kontrasteffekt in kleinen Clustern mit ähnlichen Präferenzen deutlicher zu tragen kommt als in der Gesamtheit aller Probanden mit einer Vielfalt von Schönheitskonzepten. Demzufolge diente die Unterteilung der Probanden in Cluster dazu, eine Annäherung an den subjektiven Schönheitsbegriff der einzelnen Personen zu ermöglichen.

## 2. Experiment 2

In Experiment 2 untersuchte ich die Bildeigenschaften der im ersten experimentellen Teil verwendeten 150 abstrakten Gemälde. Anschließend prüfte ich die resultierenden Ergebnisse auf Korrelationen von Bildeigenschaften mit den Schönheitsbewertungen aus Experiment 1A, um herauszufinden, wie groß ihr Einfluss auf individuelle ästhetische Präferenzen ist. Die zur Untersuchung von Korrelationen herangezogenen Schönheitsbewertungen wurden ohne vorherige Adaptationsphase erhoben. Hierbei berechnete ich sowohl die Korrelationen mit dem Durchschnitt aller Bewertungen als auch mit dem jeweiligen Durchschnitt der einzelnen Probandencluster, um herauszufinden, ob bestimmte Bildeigenschaften in besonderem Maß auf einzelne Cluster Einfluss haben. Zudem untersuchte ich das Verhältnis der statistischen Bildeigenschaften zu dem in Experiment 1 ermittelten Adaptationseffekt. Auch der Einfluss der einzelnen Bildeigenschaften bei der Einteilung der Probanden wurde betrachtet.



# Beauty in abstract paintings: perceptual contrast and statistical properties

Birgit Mallon, Christoph Redies\* and Gregor U. Hayn-Leichsenring

Experimental Aesthetics Group, Institute of Anatomy I, Jena University Hospital, University of Jena School of Medicine, Jena, Germany

## Edited by:

John J. Foxe, Albert Einstein College of Medicine, USA

## Reviewed by:

George Mather, University of Lincoln, UK

Marcos Nadal, University of Vienna, Austria

## \*Correspondence:

Christoph Redies, Experimental Aesthetics Group, Institute of Anatomy I, Jena University Hospital, University of Jena School of Medicine, Teichgraben 7, D-07743 Jena, Germany  
e-mail: christoph.redies@med.uni-jena.de

In this study, we combined the behavioral and objective approach in the field of empirical aesthetics. First, we studied the perception of beauty by investigating shifts in evaluation on perceived beauty of abstract artworks (Experiment 1). Because the participants showed heterogeneous individual preferences for the paintings, we divided them into seven clusters for the test. The experiment revealed a clear pattern of perceptual contrast. The perceived beauty of abstract paintings increased after exposure to paintings that were rated as less beautiful, and it decreased after exposure to paintings that were rated as more beautiful. Next, we searched for correlations of beauty ratings and perceptual contrast with statistical properties of abstract artworks (Experiment 2). The participants showed significant preferences for particular image properties. These preferences differed between the clusters of participants. Strikingly, next to color measures like hue, saturation, value and lightness, the recently described Pyramid of Histograms of Orientation Gradients (PHOG) self-similarity value seems to be a predictor for aesthetic appreciation of abstract artworks. We speculate that the shift in evaluation in Experiment 1 was, at least in part, based on low-level adaptation to some of the statistical image properties analyzed in Experiment 2. In conclusion, our findings demonstrate that the perception of beauty in abstract artworks is altered after exposure to beautiful or non-beautiful images and correlates with particular image properties, especially color measures and self-similarity.

**Keywords:** experimental aesthetics, perceptual contrast, abstract art, beauty, digital image analysis, self-similarity, color

## INTRODUCTION

The field of experimental aesthetics attracted renewed interest in recent years. Two main approaches have emerged in this field. In one approach, the physiological and behavioral reactions of persons who view artworks are investigated. For example, in imaging studies, brain regions that are differentially activated by aesthetic visual stimuli were identified. Some of these regions belong to the self-reflective and reward systems of the brain (O'Doherty et al., 2003; Cela-Condé et al., 2004; Kawabata and Zeki, 2004). Other regions have previously been associated with moral judgment (Zaidel and Nadal, 2011; Avram et al., 2013) or are part of the default mode network (Vessel et al., 2012). At the behavioral level, researchers ask how persons perceive artworks or other visually pleasing stimuli in psychological experiments.

In the other approach, statistical features that characterize visually pleasing stimuli are analyzed by modern computational methods (reviewed in Hoenig, 2005; Graham and Redies, 2010). A pioneer in this field was Gustav Theodor Fechner. His hypothesis of the golden section, which he advanced in his influential book "Vorschule der Ästhetik" (Fechner, 1876), was one of the first attempts to directly measure image properties that relate to the aesthetic quality of images. Although later studies did not confirm any significant correlation between beauty ratings and particular geometric measures (for example, see McManus, 1980), Fechner set the foundations for a new scientific approach, i.e., the systematic search for stimulus properties that are associated with beauty. Nowadays, image analysis is based on firmly established

empirical methods rather than on vague intuitive grounds. For example, computer-assisted algorithms are used to extract image features that characterize aesthetic images (Datta, 2006; Graham and Field, 2007; Redies et al., 2007a, 2012; Amirshahi et al., 2012), to predict emotional responses to paintings (e.g., Yanulevskaya et al., 2012) or to categorize painting styles (Wallraven et al., 2009). It is hoped that, in combination, the two approaches of experimental aesthetics will help us to understand what the specific properties of aesthetic images are and how they elicit brain responses that correlate with aesthetic judgments by the observers (Redies, 2007).

The appreciation of beauty in artworks depends to a large extent on cultural norms and previous exposure to art objects (Leder et al., 2004). Several studies suggest that people can differ considerably in their individual judgments (e.g., Jacobsen, 2004), but few studies of aesthetic responses have taken into account the individual differences between observers in their experimental design. Because of the large interindividual differences, a recent study by Vessel et al. (2012) used artworks as stimuli that were individually selected to correspond to each participant's strong personal preference. Interestingly, several studies showed that the personal aesthetic preferences of patients who suffer from dementia are relatively stable, even at late stages of the disease (Halpern et al., 2008; Graham et al., 2013; Halpern and O'Connor, 2013).

In the present study, we focused on the aesthetic perception of abstract art. Because the definition of beauty is a highly disputed matter, especially with respect to abstract artworks, we left it to



the participants' assessment what they perceived as beautiful or not. To take into account individual aesthetic preferences, the 50 participants in our study first evaluated the beauty of 150 high-resolution abstract paintings and were then clustered into seven groups, each comprising participants with a preference for similar paintings.

Following this initial beauty evaluation, we carried out two experiments. In Experiment 1, we studied perceptual contrast with respect to beauty by adapting participants to cluster-specific subsets of their preferred and non-preferred paintings, respectively. Perceptual contrast is defined as a shift of the evaluation of a stimulus away from the evaluation of the preceding stimulus (e.g., see Baccus and Meister, 2004). Because individuals differ in their taste, we assumed that, by using individualized stimuli, contrast effects would be stronger than for images that were generally preferred or disliked by all participants. In Experiment 2, we studied the preferred paintings with respect to color and higher-order statistical image properties that have previously been linked to aesthetic perception and correlated these properties with the individualized evaluation data.

One possible explanation for perceptual contrast is visual adaptation. As Webster (2001) pointed out, adaptation processes are nothing exceptional and have been known for a long time (e.g., see Gibson and Radner, 1937). Adaptation is necessary because our environment is always changing and thus cannot be analyzed optimally by a visual system with fixed properties (Webster, 2001). The first scientific studies on adaptation dealt with relatively simple image features, such as the color aftereffect or the tilt aftereffect. The discovery of long-lasting aftereffects lead vision scientists to realize that the physiological correlate of adaptation must be more than simple fatigue of neural mechanisms or inhibitory mechanisms, as it had been assumed before (for a review, see Thompson and Burr, 2009). Recent research targeted relatively elaborate stimulus features in adaptation studies. For example, human faces have become widely studied stimuli, because they are of exceptional interest for human behavior. To name just a few of the results in this field, researchers demonstrated adaptation to gender (Troje et al., 2006), age (Schweinberger et al., 2010), and attractiveness (Rhodes et al., 2003).

However, the existence of a visual adaptation is not the only possibility to explain perceptual contrast. An altered evaluation of the stimulus after exposure to a differing stimulus might also be the result of a criterion shift. Criterion shifts can be described as changes of the central tendencies of the participants' individual psychometric functions (Morgan et al., 2012). The shift in evaluation can therefore not be taken as evidence for genuinely perceptual biases.

In a recent study, Hayn-Leichsenring et al. (2013) demonstrated an attractiveness aftereffect for face photographs and art portraits. In the case of art portraits, similar aftereffects were detected for beauty. In their study, attractiveness was defined as the physical allurements of a face whereas beauty was considered as a more general property of images and referred to the pleasure derived from the composition of the image (or artwork). Following this definition, the authors found a strong correlation of the beauty ratings

with the attractiveness ratings for art portraits, suggesting the possibility that participants may confound the two features easily.

In order to confirm and extend these findings, the goal of Experiment 1 in the present study was to explore whether perceptual contrast for the perception of beauty can be demonstrated even in the absence of semantic content that can potentially confound the assessment of beauty. The existence of an aftereffect on beauty might possibly have an evolutionary advantage. The ability to adjust one's perception to the currently relevant range of beauty in the environment can be a critical benefit, as it improves the differential appraisal of actual stimuli. There are indeed hints that a long-term adaptation to aesthetic features exists (Carbon, 2011). To our knowledge, however, short-term aftereffects on artworks have been barely investigated to date. The only publication on this topic was restricted to a single style of painting (Carbon et al., 2007).

In the present experiment, we studied contrast effects on abstract images that do not depict recognizable objects. Although we cannot exclude that participants projected some imaginary content into the paintings, the influence of individual preferences for depicted objects or scenes is minimized by using abstract paintings so that beauty (as a formal property of the paintings) can be rated relatively independent of a preference for the semantic content of the paintings.

In Experiment 2, we focused on statistical image features that were previously analyzed in studies of aesthetic images. The image features were calculated for the abstract artworks that were rated by the participants in Experiment 1. The resulting values were correlated with beauty ratings in order to challenge their usefulness for predicting individual aesthetic preferences. Additionally, we investigated the relation of the physical image properties to the adaptation and the clustering of the participants. In the following sections, the image features studied will be introduced briefly.

### SELF-SIMILARITY

The property of self-similarity implies that an object as a whole has an appearance similar to its parts. Closely related concepts are scale-invariance and fractality (Taylor et al., 2011). For example, subsets of aesthetic monochrome artworks possess a scale-invariant Fourier spectrum, which means that the relative strength of coarse and fine structures changes little as one zooms in and out of the image (Graham and Field, 2007; Redies et al., 2007b; Taylor et al., 2011; Melmer et al., 2013). Amirshahi et al. (2012) studied self-similarity in images of artworks directly by using a modern computational approach, the Pyramid of Histograms of Orientation Gradients (PHOG) method (Bosch et al., 2007).

### COMPLEXITY

Berlyne (1974) related complexity to factors such as the regularity of the pattern, the amount of elements that form the scene, their heterogeneity, or the irregularity of the forms. Berlyne's idea that a high aesthetic appeal goes along with an intermediate level of complexity is still considered valid today (for a review, see



Nadal, 2007), although the range of complexity values observed in artworks is rather wide (Redies et al., 2012).

### ANISOTROPY

According to Koch et al. (2010), large subsets of Western artworks tend to possess a more isotropic Fourier spectrum than their corresponding real-world models. Similar findings were obtained by Redies et al. (2012), who described that overall gradient strength is more uniformly distributed across orientations in large subsets of colored artworks of Western provenance, compared to other categories of images. The perceptual significance of this finding remains unclear at present.

### BIRKHOFF-LIKE MEASURE

According to Birkhoff (1933), aesthetic value depends on the ratio of order and complexity. Following this idea, we substituted order by self-similarity to obtain a Birkhoff-like measure, as described in Redies et al. (2012).

### ASPECT RATIO

Modern research has shown no evidence that a certain aspect ratio might be preferred over others, but points out the need for measurements on different types of images to answer this question more comprehensively (McManus, 1980; Russell, 2000). In the present study, we therefore correlated the beauty ratings with the aspect ratios of the abstract paintings.

### COLOR MEASURES

The influence of color on aesthetic appreciation has been emphasized before, particularly in approaches that use computational methods for quantifying the aesthetic quality of photographs and paintings (Li and Chen, 2009; Marchesotti et al., 2011). Forsythe et al. (2011) stressed the importance of color as a medium that artists use to communicate with the observer. Yanulevskaya et al. (2012) investigated emotional response patterns to certain colors. They revealed a correlation of bright colors and smooth lines with positive emotions, as opposed to dark colors and chaotic texture that go along with negative emotions. Palmer and Schloss (2010) explained such correlations with their ecological valence theory, stating that color preferences are associated with preferred objects of the same colors. For example, fresh fruits are mostly of bright color, while rotten food, and excrements are normally of a dark brownish color that is naturally averted by most people. To date, several different color measures have been applied to colored artworks and photographs (e.g., see Datta, 2006). In the present work, we calculated color measures in 3 different color spaces (RGB, HSV, and Lab) that have been used in aesthetic quality assessment of images previously.

Our study thus combines the two approaches in experimental aesthetics mentioned above (behavioral and computational). In Experiment 1, we investigate, at the behavioral level, how the aesthetic judgments change after the viewing of most beautiful and least beautiful images. In Experiment 2, we ask which objective statistical properties in the same set of aesthetic images correlate with the beauty judgments. In both experiments, individualized evaluations of beauty are explicitly incorporated into the experimental design.

## METHODS

In Experiment 1, participants took part in two tests to investigate adaptation to images evaluated as most and least beautiful, respectively. In Experiment 1A, each participant rated the abstract images according to his or her own personal concept of beauty. In Experiment 1B, participants were exposed to paintings that they considered to be either of high or low beauty. Subsequently, participants rated some of the images used in Experiment 1A again. For these images, the initial ratings (Experiment 1A) and the ratings that were given in Experiment 1B were compared to detect perceptual contrast.

### EXPERIMENT 1A: BEAUTY RATING OF THE IMAGES

#### Participants

Fifty participants (19–44 years old,  $M = 22.7$  years old, 13 males) attended this study. Most of them were students, in particular of medical sciences, but other fields of studies and professions were reported also. None of them had received professional training in the fine arts. All participants declared having normal or corrected-to-normal visual acuity and gave their written informed consent after receiving an explanation of the procedures. The study design complied with the ethical guidelines of the Declaration of Helsinki and was approved by the ethics committee of Jena University Hospital.

#### Stimuli

One hundred-fifty images of abstract paintings or drawings were scanned from different art books. We chose only abstract artworks, which did not carry any clear semantic content and did not depict any recognizable objects. Abstract artworks were selected to minimize the influence of a preference for image content on the evaluation of the images. The artworks are listed in the Appendix and were from a variety of abstract painters of the 20th and 21st century and from different cultural backgrounds of the Western hemisphere. A maximum of six artworks was included from each artist in order to decrease the influence of any preference or aversion for a given painter on the results. An effort was made to select artworks from art books as randomly as possible, regardless of personal preference by the authors.

Digitization of the images was carried out with a commercial color scanner (Perfection 3200 Photo, Seiko Epson Corporation, Nagano, Japan) in RGB color format. Care was taken that the images scanned were of high quality and did not contain obvious artifacts like paper folds or stains. Moreover, only pictures of a size that enabled high-quality scans were chosen. No image enhancement algorithms were applied. All pictures were reduced in size to 1024 pixels on the longest side by isotropic bicubic interpolation for display on the screen, on which stimuli were presented at a size of 165 mm ( $10.5^\circ$  of visual angle).

#### Procedure

Images of all artworks were shown separately and in a random sequence on a black screen (Color Edge CG241W LCD monitor, EIZO Europe, Germany). A chin rest assured a constant viewing distance of 90 cm. The participants were asked to rate the artworks on a scale from 1 (most beautiful) to 4 (least beautiful), which reflected the grading scheme in the German school system.

In the course of the trial, every participant had to evaluate each picture once.

The experiment was performed using the MATLAB program (version R2008A). The schedule of Experiment 1A is depicted in **Figure 1A**. Prior to presenting each image, a question mark was displayed (500 ms), followed by the image itself (600 ms) and a period of 1900 ms, during which a black screen was displayed and the participants were asked to rate the beauty of the pictures by pressing one of four keys labeled “1” to “4.” We used a relatively short time period of 600 ms (see also Hayn-Leichsenring et al., 2013) because this study focuses on perceptual rather than on cognitive effects. Moreover, the relatively short presentation times decreased the likelihood that participants perceived spurious content in the abstract images or projected imaginary content into them. After every 30 images, the participants were allowed to take a short break.

### EXPERIMENT 1B: PERCEPTUAL CONTRAST ON MOST AND LEAST BEAUTIFUL IMAGES

#### Participants

Forty-two participants (19–44 years old,  $M = 22.7$  years old, 9 males), who had attended Experiment 1A about 5 weeks before, took part in this trial.

As the evaluation on beauty was quite heterogeneous among the participants, i.e., groups of participants showed a specific “taste” in their evaluation, we chose to perform the experiment (Experiment 1B) with seven clusters. To create these clusters, the data of all participants were subclassified with the k-means-clustering method according to their individual ratings on beauty. Clustering allowed allocation of participants to subgroups that resembled each other in their individual preference. The clusters were created for two purposes. Firstly, we used them to carry out the experiment on perceptual aftereffects (Experiment 1B) with

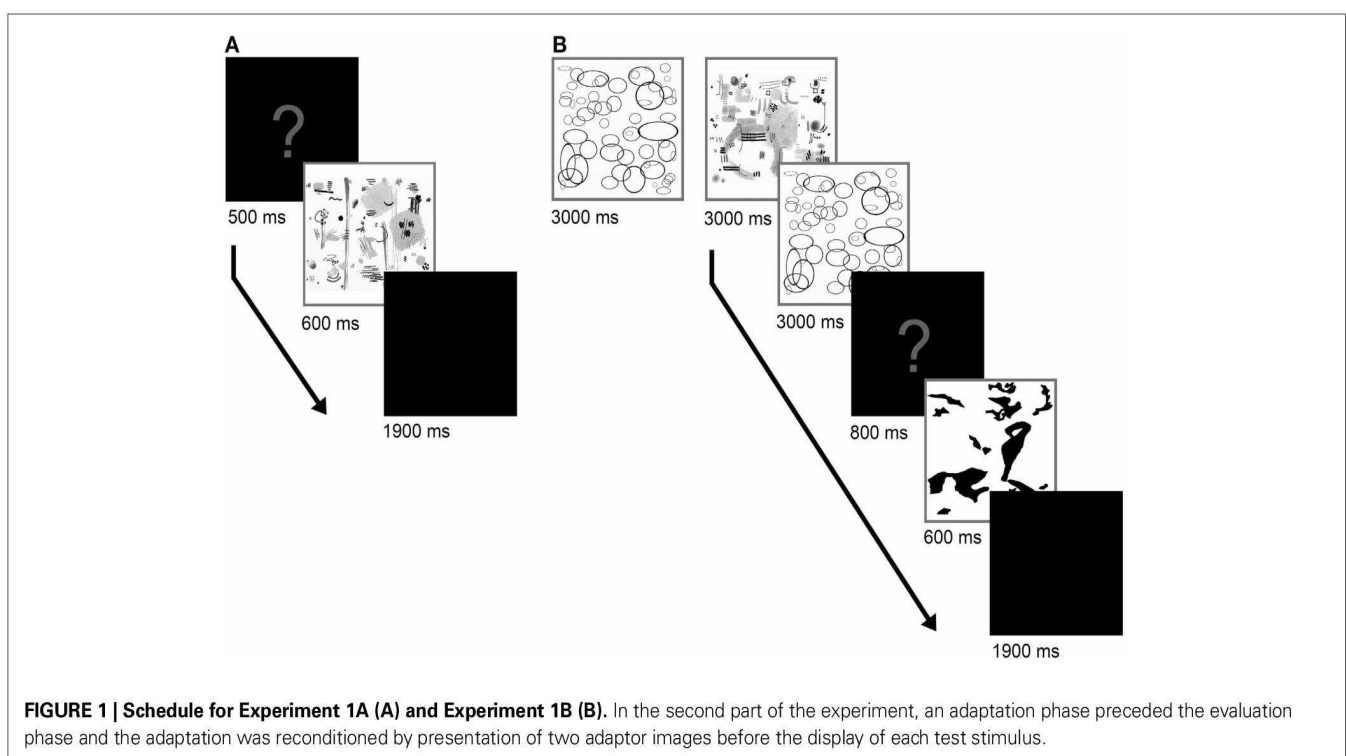
paintings that were preferred or non-preferred by small groups of participants. We expected that effects would be larger if the adaptors closely corresponded to the beauty preferences of each participant. Secondly, the formation of clusters allowed us to search for correlations between image properties and cluster-specific ratings and to ask whether individual patterns of beauty preferences were associated with particular image properties (Experiment 2). A statistical analysis of the sum of squares (within clusters), the Bayesian information criterion and Dunn’s index did not provide any consistent indication of which number of clusters (between 2 and 10) would be optimal. Therefore, we chose to carry out the experiment with seven clusters and a minimum number of 4 participants in each cluster. A larger numbers of clusters would have resulted in exceedingly small numbers of participants ( $<4$ ) in each cluster.

The seven clusters used for Experiment 1B consisted of ten participants (1 cluster), nine participants (1 cluster), seven participants (3 clusters), six participants (1 cluster), and four participants (1 cluster), respectively. For the statistical analysis, we divided participants into 3–7 clusters in order to investigate the stability of the clusters and their statistical properties as the number of clusters increases.

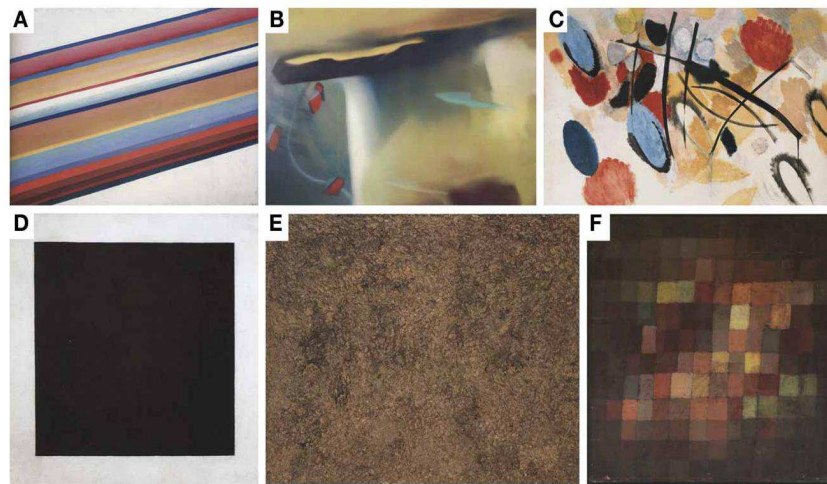
#### Stimuli

For the adaptation phase, we chose the 15 images that were rated to be the most beautiful and the least beautiful, respectively, within each cluster. Thus, every participant adapted on a set of artworks that came close to his individual assessment of what are the most and least beautiful images. Examples of the artworks with generally high and low ratings are shown in **Figure 2**.

In the evaluation phase, we used the 60 images that had received an average rating for their particular cluster in Experiment 1A. Images of the evaluation set were not part of







**FIGURE 2 | Examples of paintings that were rated as most beautiful (A–C) and least beautiful (D–F), respectively.** The paintings are (A) “Movement in Space” by Michail Matjuschin (1917/18). (B) Abstract painting by Gerhard Richter [1977]. (c) Gerhard Richter Images, Köln, 2013]. (C) “Mit

aphoristischem Rot” by Ernst Wilhelm Nay [1954. (c) Succession Nay, VG Bild-Kunst, Bonn, 2013]. (D) “Black Square” by Kasimir Malevitch (1923). (E) “Joie de terre” by Jean Dubuffet (1959; Succession Dubuffet, VG Bild-Kunst, Bonn, 2013); and (F) “Alter Klang” by Paul Klee (1925).

the assortment used for adaptation. Size and manner of the presentation of the images during the adaptation phase were the same as in Experiment 1A. The pictures used for evaluation had a reduced size of 115 mm on the longest side ( $7.3^\circ$  of visual angle, 720 pixels on the screen). We resized the images to investigate adaptive coding that is not exclusively a property of early stages of visual processing (Clifford et al., 2007).

### Procedure

As depicted in **Figure 1B**, the experimental trial consisted of an adaptation phase followed by an evaluation phase. For adaptation, the participants were asked to look at the 15 images that were evaluated to be the most beautiful (and in a second experimental block the least beautiful) in their respective cluster. The images were shown consecutively and in a repeating manner. Images were shown for 3000 ms three times each, so that the entire phase lasted 2 min and 15 s. In the subsequent evaluation phase, the adaptation was reconditioned before the presentation of each target image by showing two images that were randomly selected from the 15 images considered most beautiful ( $2 \times 3000$  ms; or least beautiful, respectively). After reconditioning, a question mark appeared (800 ms) followed by the target image (600 ms). Then, a black screen was presented for 1900 ms, during which the participants were asked to respond as described in Experiment 1A. In order to prevent a bias that is caused by the sequence of the adaptors, half of the participants adapted first on most the beautiful images and half on the least beautiful ones. In both experimental blocks of Experiment 1B (adaptation on most beautiful and least beautiful images), the participants evaluated all the 60 images, which had previously received an average rating (see above).

### EXPERIMENT 2: IMAGE ANALYSIS

As mentioned for Experiment 1B (section Participants), we obtained 3–7 clusters of the participants with respect to their evaluation results of the 150 color images of abstract paintings

(Experiment 1A) using the k-means method. This corresponded to a total of 25 different clusters (i.e., cluster 1/3, 2/3... 7/7). The aim of Experiment 2 was to identify correlations between the beauty ratings and perceptual contrast effects, respectively, with a variety of statistical image properties that were previously associated with aesthetic stimuli (see Introduction).

For the statistical analysis, all images were down-sampled to a uniform size of 100,000 pixels because some of the scanned images contained halftone dots that were visible at higher resolutions. This artifact would have affected the calculation of self-similarity (section Self-similarity) in particular.

Self-similarity, complexity, anisotropy, and the Birkhoff-like measure were calculated using the PHOG method, a computational method that was originally developed for object classification in images (Bosch et al., 2007). This method was used to measure statistical properties of photographs and artworks before (Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012). The analysis was carried out using MATLAB 2008A. We recently described the method in detail in the appendix to the open-access publication by Braun et al. (2013); see also (Redies and Groß, 2013).

In brief, the method is based on a pyramid approach: Firstly, the HOG feature (Dalal and Triggs, 2005) for the entire image is calculated at the ground level (level 0). The HOG feature represents the histogram of the mean strength of the luminance gradients binned in 16 equally sized orientation bins that cover the full  $360^\circ$  of orientations in the image. In the second step, the image was divided into 4 rectangles of the same size and the HOG features were calculated again for each rectangle (level 1). Each of the 4 subimages was again divided into equal rectangles and the HOG features were calculated for the resulting 16 subimages as well (level 2). We took this approach up to level 3. Within each HOG feature, the strengths of the binned gradients were normalized. For the analysis of the color images, the images were converted to the Lab color space. For each pixel in the color image, the maximum gradient magnitude in the L, a



and b color channels was used for the HOG calculation (gradient image).

### Self-similarity

For calculating self-similarity, we compared the HOG features of the subimages on the third level with the HOG features of the entire image on level 0 using the Histogram Intersection Kernel (Barla et al., 2002). The third level proved to deliver the most reliable results in previous work because the differences between the subimages are more significant than at the lower level and yet robust and reliable (Amirshahi et al., 2012; Redies and Groß, 2013).

### Complexity

In the gradient image, the sum of the strengths of all oriented gradients, which correspond to edges or lines with different orientations in the image, was used as a measure of complexity (Redies et al., 2012). This measure is highly correlated (Braun et al., 2013) with another measure of complexity, the fractal dimension (Mureika and Taylor, 2013).

### Anisotropy

The standard deviation of the luminance gradient strengths in the 16 orientation bins at level 3 served as a measure of anisotropy. This property describes in how far the distribution of the oriented gradient strengths across all orientations deviates from a uniform distribution. A value close to zero indicates a uniform distribution of the orientation gradients across orientations.

### Birkhoff-like measure

A Birkhoff-like measure was defined as the quotient of self-similarity over complexity, as introduced by Redies et al. (2012).

### Aspect ratio

This measure is the quotient of height and width of an image.

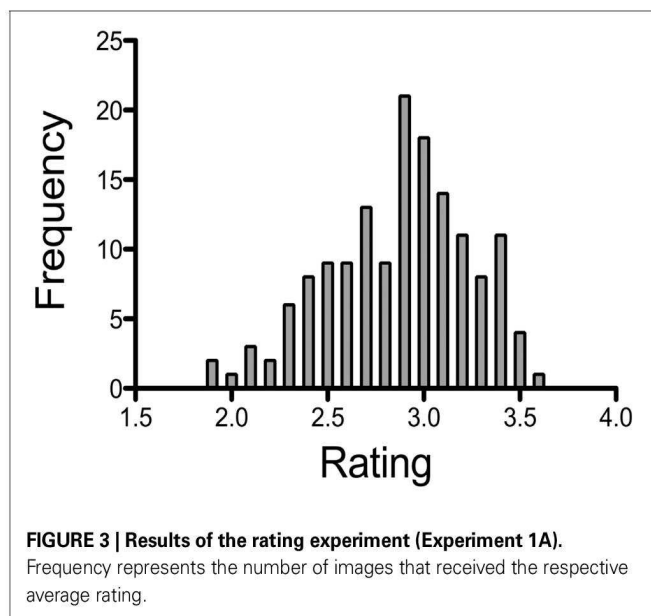
### Color measures (HSV, RGB, and Lab color channels)

Color features were analyzed in three different color spaces (HSV, RGB, and Lab) with Matlab and ImageJ (Abramoff et al., 2004). The original RGB-coded images were converted into the HSV color space with the MATLAB program and into the Lab color space with the Photoshop program (Adobe, Mountainview, CA). Subsequently, the strength (average pixel value) of each color channel was calculated.

## RESULTS

### BEAUTY RATING OF THE IMAGES (EXPERIMENT 1A)

For each image, the mean beauty rating was calculated for all participants. The mean rating ranged from 1.92 (for the most positively rated, i.e., “most beautiful”) to 3.6 (for the most negatively rated, i.e., “least beautiful”) [Mean ( $M$ ) = 2.88,  $SD$  = 0.37]. Examples of paintings that received generally high and low beauty ratings, respectively, are shown in Figure 2. The distribution of the ratings for all paintings is shown in Figure 3. The average rating scores of individual participants ranged from 1.97 to 3.58. We used the results of Experiment 1A to cluster the participants into 7 subgroups (see section Participants).



**FIGURE 3 | Results of the rating experiment (Experiment 1A).**

Frequency represents the number of images that received the respective average rating.

### PERCEPTUAL CONTRAST ON MOST AND LEAST BEAUTIFUL IMAGES (EXPERIMENT 1B)

In this experiment, we obtained two ratings from each participant for each image: one after exposure to most beautiful images and one after exposure to least beautiful images. The average rating was 2.84 ( $SD$  = 0.19) after exposure to beautiful images and 2.68 ( $SD$  = 0.20) after exposure to least beautiful images, respectively. In all clusters (with the exception of cluster 5), images were rated as more beautiful after exposure to least beautiful stimuli, when compared to the ratings after exposure to most beautiful images. A paired  $t$ -test across images confirmed the significance of this perceptual contrast effect ( $R$  = 0.808;  $df$  = 131;  $t$  = -10.468;  $p$  < 0.001). Results for all seven clusters are shown in Figure 4.

### STATISTICAL IMAGE ANALYSIS (EXPERIMENT 2)

Over all participants (without clustering), we found significant correlations of beauty ratings with the following color measures: the hue channel (Spearman coefficient  $\rho$  = 0.182,  $p$  < 0.05; Figure 5B), the saturation channel ( $\rho$  = -0.217,  $p$  < 0.01; Figure 5C), and the value channel ( $\rho$  = -0.277,  $p$  < 0.01; Figure 5D) in the HSV space; the green color channel in the RGB color space (Spearman  $\rho$  = -0.217,  $p$  < 0.01); and the luminance (L) channel ( $\rho$  = -0.206,  $p$  < 0.05; Figure 5E) and the yellow-over-blue channel (b channel) in the Lab color space ( $\rho$  = -0.224,  $p$  < 0.01; Figure 5G). The other statistical measures, for example self-similarity (Figure 5A) and the red-over-green channel (a channel) in the Lab color space (Figure 5F), did not correlate with overall beauty ratings. We next analyzed the data for each cluster of participants separately. Results are listed in Table 1. The correlations between the most eminent statistical features and the beauty ratings are depicted in Figure 6 for each cluster.

Although there was no correlation over all participants (Figure 5A), we found significant correlations ( $p$  < 0.05 or lower) for self-similarity with beauty ratings in 10 of 25 clusters. Correlations were in both directions. For example, in the



analysis with 6 clusters (**Figure 6D**), we found 4 clusters with a significant correlation, of which 2 were positive and 2 negative ( $\rho = 0.413$ ,  $p < 0.01$ ;  $\rho = 0.179$ ,  $p < 0.05$ ;  $\rho = -0.251$ ,  $p < 0.01$  and  $\rho = -0.188$ ,  $p < 0.05$ ; **Table 1**). Of the other 6 significant correlations of self-similarity with beauty ratings

(**Figures 6A–C,E**), 5 were positive and 1 negative. Note that a positive value implies that more self-similar images were rated as less beautiful.

Other correlations with beauty ratings were found for color measures (**Table 1**). In the HSV color space, hue showed correlations in 6 clusters, and both saturation and value in 13 of 25 clusters (**Figure 6**). The correlations of color saturation and color value with the beauty rating were nearly all positive with one exception in one cluster, in which a low saturation was preferred. In the RGB color space, we found highly significant correlations with red (13 clusters), green (13 clusters), and blue (7 clusters). **Figure 6** shows the results from the Lab color space only because the results can be interpreted more easily in terms of preferences for specific colors. In the Lab color space, there were preferences for lightness (12 clusters), as well as for red over green (5 clusters), for green over red (1 cluster), and for yellow over blue (10 clusters).

According to these correlations, we can characterize the clusters as follows: Members of cluster 1/3, 1/4, 2/5, 3/6, and 6/7 (shaded by blue color in **Figure 6**) tend to prefer bright images of a comparatively low self-similarity and a high color value. In addition, significant preference for highly saturated color and for green color shade over red ones can be found in cluster 3/6. In the group of clusters shadowed in by yellow in **Figure 6** (clusters 2/3, 3/4, 1/5, 4/6, and 1/7), low self-similarity is a crucial factor for only 2 out of the 5 clusters. Furthermore, nearly all of these clusters show preference for bright and highly saturated images with a high color value, and they favor reddish over greenish colors as well as yellowish over bluish ones. The third cluster group (shadowed by red color in **Figure 6**) comprises the clusters 3/3, 4/4, 5/5, 6/6, and 2/7. All of these clusters show a significant preference for highly saturated colors and, with the exception of cluster 4/4,

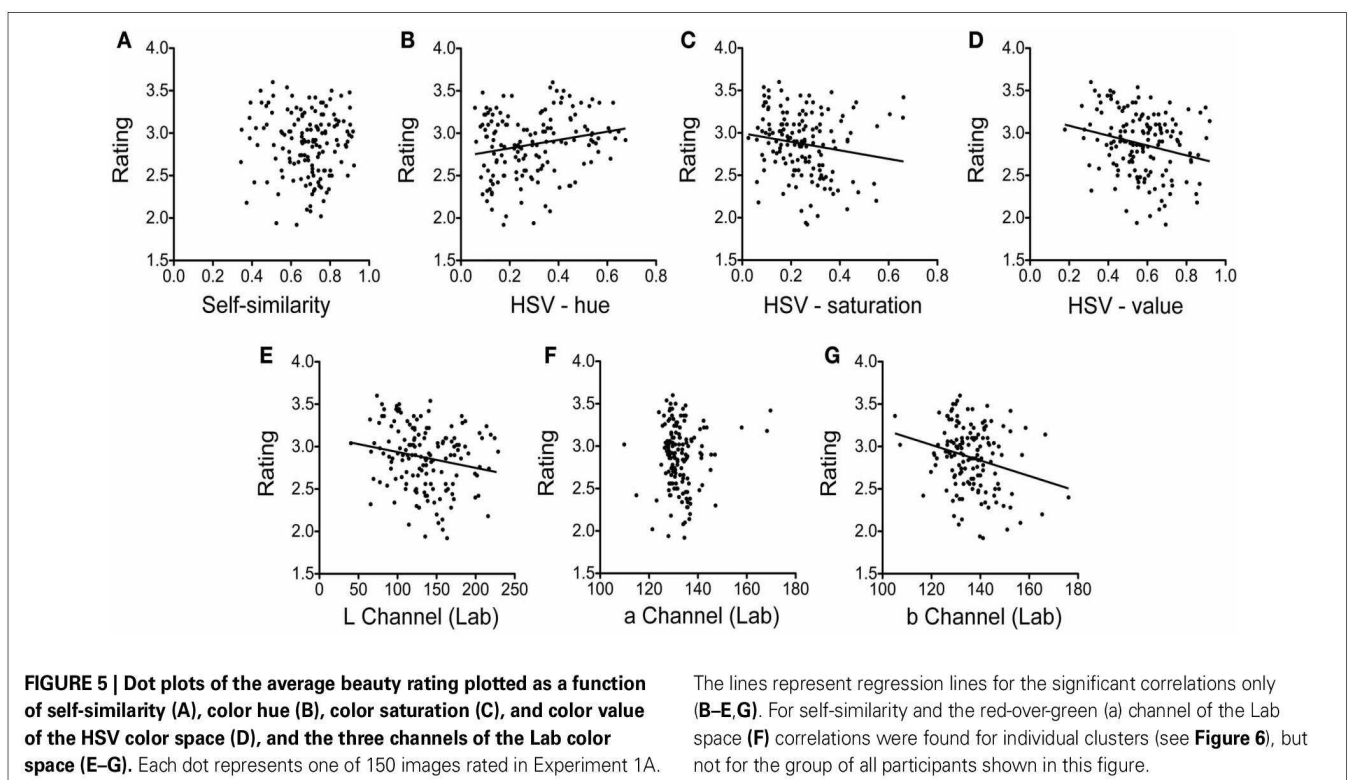
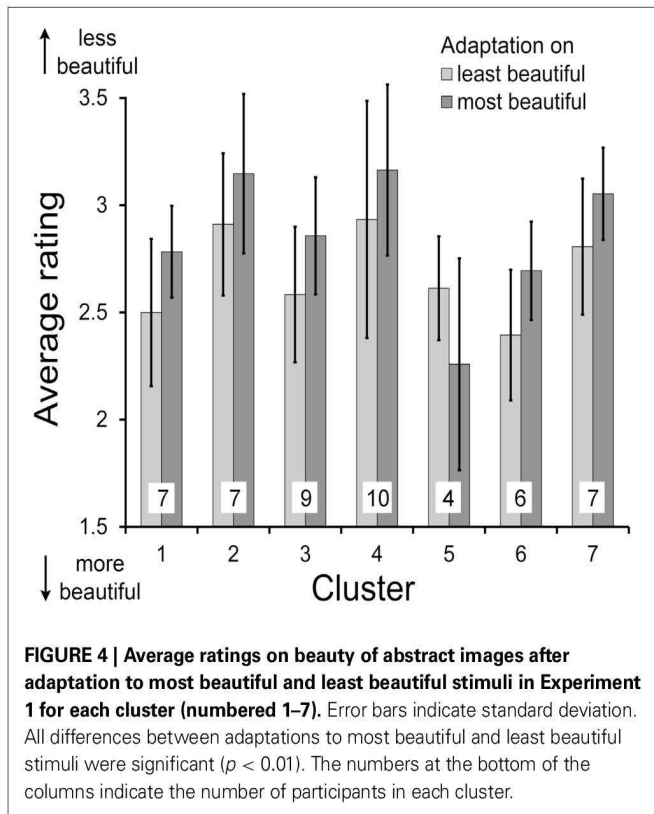
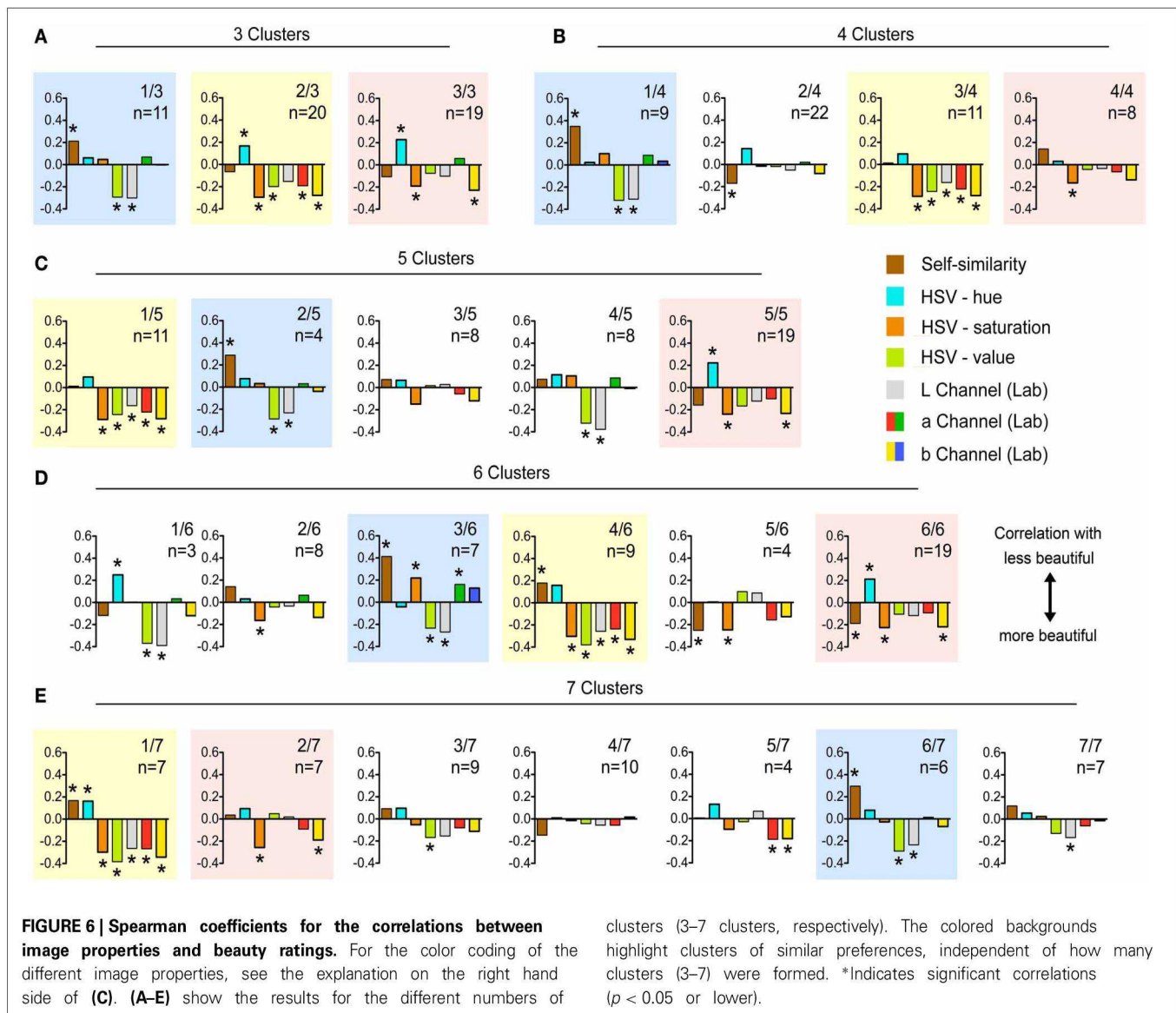


Table 1 | Spearman coefficients  $\rho$  for the correlations between beauty ratings and image properties.

	Self-similarity	Complexity	Anisotropy	Birkhoff-like measure	HSV color hue	HSV color saturation	HSV color value	RGB red	RGB green	RGB blue	Lab-L lightness	Lab-a (red-green)	Lab-b (yellow-blue)
Cluster 1/3	0.212**	-0.112	0.174*	0.079	0.061	0.047	-0.294**	-0.253**	-0.308**	-0.262**	-0.301**	0.069	-0.001
Cluster 2/3	-0.065	-0.018	0.052	0.10	0.167*	-0.295**	-0.199*	-0.184*	-0.165*	-0.041	-0.152	-0.191*	-0.278**
Cluster 3/3	-0.107	0.048	0.055	0.155	0.228**	-0.191*	-0.075	-0.66	-0.108	0.03	-0.102	0.058	-0.229**
Cluster 1/4	0.349**	-0.111	0.131	0.067	0.023	0.102	-0.32**	-0.276**	-0.327**	-0.286**	-0.309**	0.088	0.034
Cluster 2/4	-0.17*	0.034	0.031	-0.012	0.143	-0.015	-0.018	0.046	-0.075	-0.015	-0.05	0.02	-0.081
Cluster 3/4	0.013	-0.036	0.038	0.061	0.095	-0.288**	-0.244**	-0.239**	-0.2*	-0.085	-0.163*	-0.221**	-0.281**
Cluster 4/4	0.141	0.09	0.00	0.178*	0.03	-0.164*	-0.042	-0.036	-0.022	0.081	-0.034	-0.064	-0.136
Cluster 1/5	0.013	-0.036	0.038	0.061	0.095	-0.288**	-0.244**	-0.239**	-0.2**	-0.085	-0.163*	-0.221**	-0.281**
Cluster 2/5	0.289**	-0.066	0.014	0.089	0.076	0.032	-0.287**	-0.25**	-0.277**	-0.213**	-0.232**	0.031	-0.038
Cluster 3/5	0.072	0.105	0.028	0.142	0.065	-0.149	0.017	0.022	0.04	0.131	0.028	-0.057	-0.12
Cluster 4/5	0.074	-0.117	0.188*	0.01	0.115	0.105	-0.322**	-0.288**	-0.342**	-0.304**	-0.378**	0.086	-0.008
Cluster 5/5	-0.158	-0.007	0.071	0.117	0.222**	-0.24**	-0.166	-0.099	-0.125	-0.001	-0.122	-0.101	-0.233**
Cluster 1/6	-0.118	-0.145	0.207*	0.039	0.25**	0.001	-0.37**	-0.325**	-0.34**	-0.26**	-0.39**	0.034	-0.12
Cluster 2/6	0.141	0.09	0.00	0.178*	0.03	-0.164*	-0.042	-0.036	-0.022	0.081	-0.034	0.064	-0.136
Cluster 3/6	0.413**	-0.077	0.107	0.04	-0.041	0.219**	-0.234**	-0.215**	-0.3**	-0.308**	-0.269**	0.161*	0.128
Cluster 4/6	0.179*	-0.061	-0.003	0.048	0.158	-0.303**	-0.38**	-0.358**	-0.291**	-0.152	-0.257**	-0.236**	-0.33**
Cluster 5/6	-0.251**	0.034	0.028	0.064	0.004	-0.247**	0.098	0.098	0.08	0.123	0.086	-0.157	-0.128
Cluster 6/6	-0.188*	-0.006	0.073	0.116	0.212**	-0.226**	-0.105	-0.087	-0.119	-0.001	-0.117	-0.093	-0.219**
Cluster 1/7	0.167*	-0.059	0.01	0.036	0.162*	-0.298**	-0.384**	-0.377**	-0.295**	-0.156	-0.264**	-0.267**	-0.343**
Cluster 2/7	0.035	0.077	-0.016	0.117*	0.093	-0.257**	0.048	-0.04	-0.018	0.081	0.019	-0.091	-0.19*
Cluster 3/7	0.092	-0.027	0.007	-0.061	0.096	-0.052	-0.168*	-0.184**	-0.17*	-0.11	-0.155	-0.08	-0.112
Cluster 4/7	-0.146	-0.119	-0.079	-0.017	0.009	-0.014	-0.042	-0.019	-0.078	-0.096	-0.055	-0.056	0.016
Cluster 5/7	0.006	0.00	-0.143	0.009	0.13	-0.096	-0.028	-0.064	0.036	0.072	0.067	-0.187*	-0.181*
Cluster 6/7	0.296**	-0.111	0.036	0.076	0.078	-0.027	-0.291**	-0.247**	-0.281**	-0.199*	-0.235**	0.015	-0.089
Cluster 7/7	0.119	-0.097	0.057	-0.017	0.054	0.023	-0.13	-0.131	0.117	-0.151	-0.167*	-0.061	-0.014
Average evaluation	-0.024	-0.032	0.085	0.116	0.18*	-0.217**	-0.227**	-0.199*	-0.217**	-0.097	-0.206*	-0.115	-0.224**

Significant correlations: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .



also for yellow over blue color shades. A preference for highly self-similar images was detected in clusters 2/4, 5/6, and 6/6.

We found no or only one single correlations for each of the other features (complexity, anisotropy, the Birkhoff-like measure and the aspect ratio;  $p < 0.05$ ).

Color hue is a circular measure. Therefore, we performed an additional analysis after splitting the hue values into six groups, each reflecting one color range (red, yellow, green, cyan, blue, and magenta). We did not find a significant preference for a specific color in any of the clusters.

In addition to our analyses over participants, we performed two multivariate linear regression analyses across images to evaluate in how far the average beauty rating and the perceptual contrast were predictable based on the statistical image properties. In the first analysis, we considered the average beauty rating as dependent factor and the statistical image properties as independent factors. We found that higher values in the Lab-a channel lead participants to rate images as less beautiful (standardized  $\beta = 0.206$ ,  $p < 0.05$ ). For the Lab-b channel, higher values lead participants to rate images as more beautiful (standardized

$\beta = -0.284$ ,  $p < 0.05$ ). Overall, the analysis revealed a low predictability of the system ( $R^2 = 0.134$ ). In the second multivariate linear regression analysis, the perceptual contrast was considered as dependent factor, while the statistical image properties were used as independent factors. We found a significant positive effect of PHOG self-similarity on the perceptual contrast (standardized  $\beta = 0.203$ ,  $p < 0.05$ ). Overall, the analysis revealed a low predictability of the system ( $R^2 = 0.084$ ; see **Table 2** for complete results).

Furthermore, to investigate in how far the ratings by the participants from the different clusters were predictable based on the statistical image properties, the data were entered into a linear mixed model analysis over images, considering the allocation to the clusters as fixed factor, the respective mean beauty rating for each cluster as dependent factor, and the statistical properties of each image as covariates. We found that the effect on the subjective rating of images differed between clusters for the following image properties: Self-similarity ( $F = 10.23$ ,  $p < 0.001$ ), complexity ( $F = 2.29$ ,  $p < 0.05$ ), Birkhoff-like measure ( $F = 10.02$ ,  $p < 0.001$ ), color hue ( $F = 9.61$ ,  $p < 0.001$ ),



**Table 2 | Regression coefficients (standardized  $\beta$ ) for the overall correlations between average beauty ratings and the magnitudes of the perceptual contrast, respectively, and selected image properties.**

	Self-similarity	Complexity	Anisotropy	Birkhoff-like measure	HSV color hue	HSV color saturation	HSV color value	Aspect ratio	Lab-L lightness	Lab-a (red-green)	Lab-b (yellow-blue)
Average beauty	−0.017	0.029	0.074	0.074	−0.007	0.150	−0.060	−0.020	−0.092	0.206*	−0.284*
Perceptual contrast	0.203*	−0.071	−0.164	0.045	0.059	0.001	0.079	0.047	−0.026	0.005	−0.105

\*Significant at  $p < 0.05$ .

color saturation ( $F = 3.68$ ,  $p < 0.05$ ), and the aspect ratio ( $F = 4.08$ ,  $p < 0.05$ ). Results for a detailed analysis of the differences between the clusters with regard to the interaction between statistical image properties and cluster membership are provided in **Table 3**.

## DISCUSSION

In this study, we demonstrate an aftereffect for perceived beauty of abstract artworks (Experiment 1B). Participants rated the images as more beautiful after adaptation to least beautiful images and *vice versa*. Moreover, we correlated beauty ratings and the magnitude of the perceptual contrast with specific image properties that have been studied before in the context of aesthetic perception (Experiment 2). The abstract artworks used in the present study have the advantage that the effect of semantic content, which might affect the assessment of beauty (Experiment 1A), is minimized.

### PERCEPTUAL CONTRAST

Aftereffects on artworks have been shown previously, but only for adaptation to a single style of painting (Carbon et al., 2007) and for adaptation to the beauty of portrait paintings (Hayn-Leichsenring et al., 2013). Therefore, to the best of our knowledge, our study is the first to demonstrate a contrast effect for the perception of beauty in abstract paintings. Our findings suggest that perceptual contrast effects are not necessarily related to semantic content, but can be demonstrated for abstract images as well, i.e., for images that contain no (or only spurious) explicit meaning. This conclusion, however, remains restricted to the group of students with a Western cultural background, who took part in the present study.

The result for cluster 5 shows a pattern opposite to the other 6 clusters in Experiment 1B (**Figure 4**). In this cluster, the rating was more negative after adaptation to least beautiful images and more positive after adaptation to beauty. The average rating by the participants in cluster 5 was 2.19, which is significantly lower than the mean from all the other clusters (2.81; the closest cluster has an average of 2.62). We tried to elucidate the reason for this unusual evaluation pattern. In particular, we asked whether there was an (inverse) correlation of the cluster-5 rating with respect to the other clusters. We also checked with a linear regression analysis whether the evaluation itself or the magnitude of the adaptation effect of single participants or of the entire cluster 5 correlated with any of the measured statistical image properties. However, none of the image properties analyzed seemed to have had a critical influence on the participants' rating in cluster 5. We cannot exclude the possibility that participants in cluster 5 adapted to some other features (or combinations thereof) or shifted their

attention to other criteria than the ones we investigated. A general lack of cooperation or attention cannot be responsible for the inverse contrast effect. In summary, we were not able to clarify why members of cluster 5 differed in their adaptation pattern.

In 2 of the 7 clusters that were used in Experiment 1B, the original rating scores (Experiment 1A) were significantly lower overall, i.e., the paintings were evaluated as less beautiful than in Experiment 1B ( $p < 0.01$  and  $p < 0.05$ , respectively). This difference might possibly be due to a familiarity bias, as suggested by Cutting (2003). In his work on French Impressionism, he proposed that exposure to artworks of a certain style can increase preference for artworks belonging to the same style. For complex images, Berlyne (1970) observed a similar increase of preference that goes along with a decrease of novelty; he found the opposite trend for simple stimuli. Our present findings are in agreement with Berlyne's observation. We would argue that many of the abstract images shown in the experiments were rather complex and may have induced a high level of arousal in most of the participants who were non-experts and thus relatively naïve with regard to abstract art.

To explain the observed perceptual contrast, three possibilities should be considered. First, the effect might be the result of an adaptation to visual beauty. In this scenario, the perception of beauty in an individual observer is modified by changes in the responsiveness of the underlying neural circuits. Second, the observed effect could be the result of a criterion shift, as described by Morgan et al. (2012) in their study on the shift of psychometric sensory discrimination functions. Following this notion, evaluation closely depends on a given criterion. A shift in evaluation may result from viewing a special set of adaptor stimuli (i.e., beautiful rated images) in which the criterion is especially pronounced. Third, conscious or unconscious comparison of the images might have biased the participants' ratings. Cogan et al. (2012) described such a comparison effect on hedonic contrast for stimuli related to face attractiveness. Based on the experimental data, it is not possible to decide which of these mechanisms (or which combination thereof) accounts for the contrast effect observed in the present study. In view of the short presentation times of the images (600 ms), it is likely that perceptual effects play a relatively prominent role in the observed effect compared to cognitive processes. This hypothesis is strengthened by the described correlation between the statistical properties (especially, PHOG self-similarity) and the size of the contrast effect. To discriminate between the role of perceptual vs. cognitive mechanisms in the perception of abstract art would be an interesting aim for future investigations.

Table 3 | Results for the linear mixed model analysis over images.

	Self-similarity		Complexity		Anisotropy		Birkhoff-like measure		HSV color hue		HSV color saturation		HSV color value		Aspect ratio	
	RC	p	RC	p	RC	p	RC	p	RC	p	RC	p	RC	p	RC	p
Cluster 1	-0.345	0.308	-0.002	0.790	-154	0.378	-0.455	0.010	-0.664	0.029	1.329	<0.001	0.677	0.049	0.247	0.124
Cluster 2	-1.170	0.001	0.013	0.120	-282	0.107	-0.555	0.002	-1.425	<0.001	0.245	0.549	0.932	0.007	0.157	0.317
Cluster 3	0.022	0.946	-0.005	0.501	-319	0.069	-0.665	<0.001	-1.106	<0.001	0.827	0.045	0.214	0.529	0.200	0.208
Cluster 4	-1.603	0.000	0.007	0.401	-454	0.010	-0.291	0.086	-1.928	<0.001	0.876	0.033	0.691	0.044	0.655	<0.001
Cluster 5	-1.023	0.003	0.019	0.023	-436	0.014	-1.185	<0.001	-0.571	0.059	-0.243	0.552	0.783	0.023	0.301	0.065
Cluster 6	0.512	0.133	0.001	0.941	-299	0.089	-0.575	0.002	-1.456	0.000	0.729	0.076	0.345	0.312	0.491	0.005

Displayed are the regression coefficients for the difference of the statistical image properties on subjective ratings between each cluster and the reference cluster (cluster 7). The regression coefficients reflect the interaction between statistical image properties and cluster membership. RC, regression coefficient; p, p value.

## COLOR FEATURES

In Experiment 2, significant correlations were found between beauty ratings and some of the color measures (hue, saturation, and value of the HSV color space; the R and G channels of the RGB color space; and the L and b channels of the Lab color space; see **Table 1**). These findings are in line with previous studies that revealed a prominent role of color for the aesthetic quality of images. The preference for bright, reddish, and yellowish colors can be explained with the ecological valence theory proposed by Palmer and Schloss (2010) who proposed that color preferences are due to their associations with preferred objects (see Introduction). Unlike the findings by Palmer and Schloss (2010) who showed a general preference for bluish colors, we found a stronger preference for yellowish artworks. However, this difference may well be explained by the different test stimuli used in the experiments (homogeneously colored squares vs. artworks). In another recent investigation, Yanulevskaya et al. (2012) showed that bright and saturated colors generated positive emotions, while darker colors tended to evoke negative emotions. Moreover, Amirshahi et al. (2013) described a strong correlation of beauty ratings with color quantization values and mean color value in a large dataset of figurative paintings. In conclusion, our results confirm the crucial role of color for appreciation of beauty in artworks, which is also evident from the account of this topic in art history and aesthetic theory.

## STATISTICAL PROPERTIES OTHER THAN COLOR FEATURES

In addition to color values, we measured other statistical properties of images (self-similarity, complexity, anisotropy, Birkhoff-like measure, and aspect ratio), which have been associated with aesthetic judgment, and searched for correlations with beauty ratings. The results of the present study are in line with previous studies that focused on representational art (e.g., Redies et al., 2012; Braun et al., 2013). For example, the mean value for self-similarity obtained in the present study ( $0.68 \pm 0.13$  SD) is similar to the average value for 197 works of representational art ( $0.67 \pm 0.09$  SD; Table 1 in Braun et al., 2013). This value comes close to the respective value for photographs of natural scenes ( $0.64 \pm 0.10$  SD) and is significantly higher than the self-similarity of urban scenes ( $0.55 \pm 0.08$  SD) or photographs of simple objects ( $0.54 \pm 0.07$  SD). However, other images like photographs of branches possess an even higher degree of self-similarity ( $0.77 \pm 0.07$  SD; Braun et al., 2013). It therefore seems possible that there is a degree of self-similarity, for which processing in the visual system is optimized, as proposed by Taylor et al. (2011), and which therefore might evoke an aesthetic response. For our analysis, we used a relatively new approach to measure self-similarity, the PHOG method (see section Experiment 2: Image Analysis). Over all participants, self-similarity values showed no correlation with beauty ratings. However, in some clusters, we obtained positive correlations with beauty, and negative correlations in other clusters. A possible explanation for our findings might be the rather high self-similarity in some of the abstract images, which may have led to some inverse correlations with the beauty rating. Moreover, self-similarity has a significant main effect on clustering (**Table 3**),



indicating that subgroups of persons differ in their preference for self-similarity in abstract paintings.

For complexity and the Birkhoff-like measure, we did not find any significant correlation with beauty ratings. The correlation between beauty appreciation and complexity is thought to be non-linear and to manifest itself in an inverted u-shaped response curve (Berlyne, 1974; Nadal, 2007; Forsythe et al., 2011). Still, even after considering several statistical analyses to account for such an inverted u-shaped response curve, we were not able to detect any correlation. Because complexity is used for calculation of the Birkhoff-like measure, it is not surprising that this measure does not correlate with beauty either.

Also, we did not find any correlations between beauty ratings and anisotropy. Generally, paintings of Western provenance are of low anisotropy (Redies et al., 2012). Our study was the first attempt to search for correlations of anisotropy with subjective ratings on beauty. A causative role of anisotropy in beauty ratings remains to be established. Furthermore, there may be differences between various styles of figurative and abstract art. Finally, in agreement with previous findings (McManus, 1980; Russell, 2000), we found no correlations of beauty ratings with the aspect ratio of the abstract artworks. In summary, next to the color measures, self-similarity seems to be the best predictor for aesthetic appreciation of abstract artworks.

#### DIFFERENCES IN BEAUTY PREFERENCES BETWEEN PARTICIPANTS

Interestingly, some of these correlations between beauty ratings and image features differed between the subgroups (clusters) of participants (**Figure 6**). In particular, our results suggest that the participants had individual preferences for specific color combinations and that there were clusters of persons with shared preferences. Correlations were stronger for single clusters than in the analysis over all participants.

We performed the statistical analysis for sets of 3–7 clusters in order to look for consistent clusters. Interestingly, all sets of clusters shared the same group of 3 relatively stable clusters of similar preferences, which are highlighted by lightly colored backgrounds in **Figure 6**. This correspondence suggests that there are at least 3 subgroups of participants, which differ in their preferences for specific types of beauty in abstract artworks. Other participants, who do not share preferences with these subgroups, may be allocated to the particular group they match best, although they may have a rather singular taste with no preference for a specific combination of the image features studied. Although the clustering was performed exclusively based on subjective evaluations, we found differences of the effect of statistical image properties on the ratings by participants from the different clusters. We therefore propose that the clustering is not accidental but due to preferences for specific image properties by groups of participants (**Table 3**). Of course, our sample of participants is restricted to students in Germany and may not be representative for the population at large or other cultural backgrounds.

Our findings go along with previous studies that confirmed interindividual differences in aesthetic appraisal. Jacobsen and Höfel (2002) described substantial differences in individuals who evaluated novel graphic patterns with respect to their subjective definition of beauty. Similar to the findings from Experiment 1A,

the authors were able to represent individual patterns of judgment more accurately with an individual judgment paradigm compared to a group model (Jacobsen and Höfel, 2002). Interestingly, Vessel and Rubin (2010) assumed that, as a result of shared semantic interpretations, people show a high degree of agreement in appraising the beauty in real-world scenes but a rather individual taste in a non-semantic context, as it is the case for abstract art. Hence, the individual evaluation differences in the present study might partly be explained by the usage of abstract art.

Augustin et al. (2012) focused on word usage for describing art images and obtained evidence for interindividual differences in aesthetic appraisal. While “beautiful” and “ugly” are terms that have a similar meaning for a majority of people, other adjectives for describing art have meanings that are more variable between individuals. This variable usage of words suggests differences in art appreciation between individuals.

We are aware of the limited validity of the clustering results of the present study, as most of the participants in our study shared similar origin, age, and social group. Additionally, due to the experimental design, we presented only a limited selection of artworks. Future studies will have to confirm that clusters with distinct tendencies of preference can also be obtained for other cultures and social groups.

#### FINAL CONCLUSION AND OUTLOOK

In conclusion, we found a perceptual contrast effect on perceived beauty in abstract art images. Unlike previous adaptation studies on simple stimuli, the present study uses artworks that were rather heterogeneous and some were highly complex. Perhaps not surprisingly, clusters of participants differed in their individual preference for these artworks, and some clusters showed preference for a specific pattern of similar low-level image features present in the artworks. We hypothesize that the perceptual contrast depends, at least in part, on these low-level features, which might be the basis for a criterion shift. However, it was impossible to define a single reason for the perceptual contrast observed in Experiment 1B.

In future studies, it will be of interest to study whether people prefer different image features depending on different styles of art or semantic content. For instance, it can be hypothesized that features that are related to natural depictions may be less important in abstract art whereas, *vice versa*, geometrical shapes and colors may have a stronger influence in abstract art, as they remain the only visual qualities that the observer can refer to. Moreover, in the present study, we focused exclusively on statistical image features that can be processed at low levels of the visual system. Evidently, high-level properties, such as the knowledge about the artist and the artistic style, also play an important role in the aesthetic appreciation of artworks (see, e.g., Leder et al., 2004; Wallraven et al., 2009).

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Gregor U. Hayn-Leichsenring and Christoph Redies designed the study. Gregor U. Hayn-Leichsenring wrote the computer program for the rating experiment. Birgit Mallon carried out the experiments and analyzed the data under Gregor U. Hayn-Leichsenring's supervision. Birgit Mallon, Christoph Redies, and



Gregor U. Hayn-Leichenring produced the figures and wrote the paper.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Mr. Seyed Ali Amirshahi for help in acquisition and analysis of the experimental data and Dr. Thomas Lehmann for valuable advice on the statistical analysis.

## SUPPLEMENTARY MATERIAL

The Supplementary Material for this article can be found online at: <http://www.frontiersin.org/journal/10.3389/fnhum.2014.00161/abstract>

## REFERENCES

- Abramoff, M. D., Magalhães, P. J., and Ram, S. J. (2004). Image processing with ImageJ. *Biophot. Int.* 11, 36–42.
- Amirshahi, S. A., Koch, M., Denzler, J., and Redies, C. (2012). PHOG analysis of self-similarity in esthetic images. in *Proc. SPIE (Hum. Vis. Electron. Imaging XVII)* 8291, 82911J. doi: 10.1117/12.911973
- Amirshahi, S. A., Redies, C., and Denzler, J. (2013). “How self-similar are artworks at different levels of spatial resolution?” in *International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging, 2013* (New York, NY: Association for Computing Machinery). doi: 10.1145/2487276.2487282
- Augustin, M. D., Wagemans, J., and Carbon, C.-C. (2012). All is beautiful? Generality vs. specificity of word usage in visual aesthetics. *Acta Psychol. (Amst.)* 139, 187–201. doi: 10.1016/j.actpsy.2011.10.004
- Avram, M., Gutrychik, E., Bao, Y., Pöppel, E., Reiser, M., and Blautzik, J. (2013). Neurofunctional correlates of esthetic and moral judgments. *Neurosci. Lett.* 534, 128–132. doi: 10.1016/j.neulet.2012.11.053
- Baccus, S. A., and Meister, M. (2004). Retina versus cortex: contrast adaptation in parallel visual pathways. *Neuron* 42, 5–7. doi: 10.1016/S0896-6273(04)00187-4
- Barla, A., Franceschi, E., Odone, F., and Verri, A. (2002). “Image kernels,” in *International Workshop on Pattern Recognition with SVM, ICPR 2002, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2388 (Quebec, QC), 83–96. doi: 10.1007/3-540-45665-1\_7
- Berlyne, D. E. (1970). Novelty, complexity, and hedonic value. *Percept. Psychophys.* 8, 279–286.
- Berlyne, D. E. (1974). *Studies in the New Experimental Aesthetics: Steps Toward an Objective Psychology of Aesthetic Appreciation*. Washington, DC: Hemisphere.
- Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic Measure*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bosch, A., Tisserman, A., and Munoz, X. (2007). “Representing shape with a spatial pyramid kernel,” in *Proceedings of the 6th ACM International Conference on Image and Video Retrieval* (New York, NY: Association of Computing Machinery), 401–408. doi: 10.1145/1282280.1282340
- Braun, J., Amirshahi, A. S., Denzler, J., and Redies, C. (2013). Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture. *Front. Psychol.* 4:808. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00808
- Carbon, C.-C. (2011). Cognitive mechanisms for explaining dynamics of aesthetic appreciation. *i-Perception* 2, 708. doi: 10.1068/i0463aap
- Carbon, C.-C., Leder, H., and Ditye, T. (2007). When style matters. Art-specific adaptation effects. *Perception* 36, 17. doi: 10.1068/v070068
- Cela-Conde, C. J., Marty, G., Maestu, F., Ortiz, T., Munar, E., Fernandez, A., et al. (2004). Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101, 6321–6325. doi: 10.1073/pnas.0401427101
- Clifford, C. W., Webster, M. A., Stanley, G. B., Stocker, A. A., Kohn, A., Sharpee, T. O., et al. (2007). Visual adaptation: neural, psychological and computational aspects. *Vision Res.* 47, 3125–3131. doi: 10.1016/j.visres.2007.08.023
- Cogan, E., Parker, S., and Zellner, D. A. (2012). Beauty beyond compare: effects of context extremity and categorization on hedonic contrast. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 39, 16–22. doi: 10.1037/a0031020
- Cutting, J. E. (2003). Gustave Caillebotte, French impressionism, and mere exposure. *Psychon. Bull. Rev.* 10, 319–343. doi: 10.3758/BF03196493
- Dalal, N., and Triggs, B. (2005). “Histograms of oriented gradients for human detection,” in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2005* (San Diego, CA), 886–893. doi: 10.1109/CVPR.2005.177
- Datta, S. (2006). Evaluation of clustering algorithms for gene expression data. *BMC Bioinformatics* 7(Suppl. 4):S17. doi: 10.1186/1471-2105-7-S4-S17
- Fechner, G. (1876). *Vorschule der Ästhetik [Pre-School of Aesthetics]*. Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- Forsythe, A., Nadal, M., Sheehy, N., Cela-Conde, C. J., and Sawey, M. (2011). Predicting beauty: fractal dimension and visual complexity in art. *Br. J. Psychol.* 102, 49–70. doi: 10.1348/000712610X498958
- Gibson, J. J., and Radner, M. (1937). Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines. I. Quantitative studies. *J. Exp. Psychol.* 20, 453. doi: 10.1037/h0059826
- Graham, D. J., and Field, D. J. (2007). Statistical regularities of art images and natural scenes: spectra, sparseness and nonlinearities. *Spat. Vis.* 21, 149–164. doi: 10.1163/156856807782753877
- Graham, D. J., and Redies, C. (2010). Statistical regularities in art: relations with visual coding and perception. *Vision Res.* 50, 1503–1509. doi: 10.1016/j.visres.2010.05.002
- Graham, D. J., Stockinger, S., and Leder, H. (2013). An island of stability: art images and natural scenes—but not natural faces—show consistent esthetic response in Alzheimer’s-related dementia. *Front. Psychol.* 4:107. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00107
- Halpern, A. R., Ly, J., Elkin-Frankston, S., and O’Connor, M. G. (2008). “I know what I like”: stability of aesthetic preference in Alzheimer’s patients. *Brain Cogn.* 66, 65–72. doi: 10.1016/j.bandc.2007.05.008
- Halpern, A. R., and O’Connor, M. G. (2013). Stability of art preference in frontotemporal dementia. *Psychol. Aesthet. Creat. Arts* 7, 95–99. doi: 10.1037/a0031734
- Hayn-Leichenring, G. U., Kloth, N., Schweinberger, S. R., and Redies, C. (2013). Adaptation effects to attractiveness of face photographs and art portraits are domain-specific. *i-Perception* 4, 303–316. doi: 10.1068/i0583
- Hoenig, F. (2005). “Defining computational aesthetics,” in *Proceedings of the First Eurographics Conference on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging* (Geneva: Eurographics Association), 13–18. doi: 10.2312/COMPAESTH/COMPAESTH05/013-018
- Jacobsen, T. (2004). Individual and group modelling of aesthetic judgment strategies. *Br. J. Psychol.* 95, 41–56. doi: 10.1348/000712604322779451
- Jacobsen, T., and Höfel, L. (2002). Aesthetic judgments of novel graphic patterns: analyses of individual judgments. *Percept. Mot. Skills* 95, 755–766. doi: 10.2466/pms.2002.95.3.755
- Kawabata, H., and Zeki, S. (2004). Neural correlates of beauty. *J. Neurophysiol.* 91, 1699–1705. doi: 10.1152/jn.00696
- Koch, M., Denzler, J., and Redies, C. (2010). 1/f<sup>2</sup> characteristics and isotropy in the Fourier power spectra of visual art, cartoons, comics, mangas, and different categories of photographs. *PLoS ONE* 5:e12268. doi: 10.1371/journal.pone.0012268
- Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., and Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *Br. J. Psychol.* 95, 489–508. doi: 10.1348/0007126042369811
- Li, C., and Chen, T. (2009). Aesthetic visual quality assessment of paintings. *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.* 3, 236–252. doi: 10.1109/JSTSP.2009.2015077
- Marchesotti, L., Perronnin, F., Larlus, D., and Csürka, G. (2011). “Assessing the aesthetic quality of photographs using generic image descriptors,” in *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2011* (Barcelona), 1784–1791. doi: 10.1109/ICCV.2011.6126444
- McManus, I. C. (1980). The aesthetics of simple figures. *Br. J. Psychol.* 71, 505–524.
- Melmer, T., Amirshahi, S. A., Koch, M., Denzler, J., and Redies, C. (2013). From regular text to artistic writing and artworks: Fourier statistics of images with low and high aesthetic appeal. *Front. Hum. Neurosci.* 7:106. doi: 10.3389/fnhum.2013.00106
- Morgan, M., Dillenburger, B., Raphael, S., and Solomon, J. A. (2012). Observers can voluntarily shift their psychometric functions without losing sensitivity. *Atten. Percept. Psychophys.* 74, 185–193. doi: 10.3758/s13414-011-0222-7
- Mureika, J. R., and Taylor, R. P. (2013). The abstract expressionists and les automatistes: a shared multi-fractal depth? *Signal Process.* 93, 573–578. doi: 10.1016/j.sigpro.2012.05.002
- Nadal, M. (2007). *Complexity and Aesthetic Preference for Diverse Visual Stimuli*. Doctoral thesis, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.

- O'Doherty, J., Winston, J., Critchley, H., Perrett, D., Burt, D. M., and Dolan, R. J. (2003). Beauty in a smile: the role of medial orbitofrontal cortex in facial attractiveness. *Neuropsychologia* 41, 147–155. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00145-8
- Palmer, S. E., and Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 8877–8882. doi: 10.1073/pnas.0906172107
- Redies, C. (2007). A universal model of esthetic perception based on the sensory coding of natural stimuli. *Spat. Vis.* 21, 97–117. doi: 10.1163/156856807782753886
- Redies, C., Amirshahi, S. A., Koch, M., and Denzler, J. (2012). “PHOG-derived aesthetic measures applied to color photographs of artworks, natural scenes and objects,” in *ECCV 2012 Workshops/Demonstrations, Part I, Lecture Notes in Computer Science*, 7583 (Firenze), 522–531. doi: 10.1007/978-3-642-33863-2\_54
- Redies, C., and Groß, F. (2013). Frames as visual links between paintings and the museum environment: an analysis of statistical image properties. *Front. Psychol.* 4:831. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00831
- Redies, C., Hänisch, J., Blickhan, M., and Denzler, J. (2007a). Artists portray human faces with the Fourier statistics of complex natural scenes. *Network* 18, 235–248. doi: 10.1080/09548980701574496
- Redies, C., Hasenstein, J., and Denzler, J. (2007b). Fractal-like image statistics in visual art: similarity to natural scenes. *Spat. Vis.* 21, 137–148. doi: 10.1163/156856807782753921
- Rhodes, G., Jeffery, L., Watson, T. L., Clifford, C. W., and Nakayama, K. (2003). Fitting the mind to the world: face adaptation and attractiveness aftereffects. *Psychol. Sci.* 14, 558–566. doi: 10.1046/j.0956-7976.2003.psci.1465.x
- Russell, P. A. (2000). Testing the aesthetic significance of the golden-section rectangle. *Perception* 29, 1413–1422. doi: 10.1068/p3037
- Schweinberger, S. R., Zasko, R., Walther, C., Golle, J., Kovacs, G., and Wiese, H. (2010). Young without plastic surgery: perceptual adaptation to the age of female and male faces. *Vision Res.* 50, 2570–2576. doi: 10.1016/j.visres.2010.08.017
- Taylor, R. P., Spehar, B., Van Donkelaar, P., and Hagerhall, C. M. (2011). Perceptual and physiological responses to Jackson Pollock's fractals. *Front. Hum. Neurosci.* 5:60. doi: 10.3389/fnhum.2011.00060
- Thompson, P., and Burr, D. (2009). Visual aftereffects. *Curr. Biol.* 19, R11–R14. doi: 10.1016/j.cub.2008.10.014
- Troje, N. F., Sadr, J., Geyer, H., and Nakayama, K. (2006). Adaptation aftereffects in the perception of gender from biological motion. *J. Vis.* 6, 850–857. doi: 10.1167/6.8.7
- Vessel, E. A., and Rubin, N. (2010). Beauty and the beholder: highly individual taste for abstract, but not real-world images. *J. Vis.* 10, 1–14. doi: 10.1167/10.2.18
- Vessel, E. A., Starr, G. G., and Rubin, N. (2012). The brain on art: intense aesthetic experience activates the default mode network. *Front. Hum. Neurosci.* 6:66. doi: 10.3389/fnhum.2012.00066
- Wallraven, C., Fleming, R., Cunningham, D., Rigau, J., Feixas, M., and Sbert, M. (2009). Categorizing art: comparing humans and computers. *Comput. Graph.* 33, 484–495. doi: 10.1016/j.cag.2009.04.003
- Webster, M. A. (2001). “Visual adaptation and the relative nature of perception,” in *IEEE Proceedings of the International Conference on Image Processing* (Thessaloniki), 8–11. doi: 10.1109/ICIP.2001.958409
- Yanulevskaya, V., Uijlings, J., Bruni, E., Sartori, A., Zamboni, E., Bacci, F., et al. (2012). “In the eye of the beholder: employing statistical analysis and eye tracking for analyzing abstract paintings,” in *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimedia* (Nara), 349–358. doi: 10.1145/2393347.2393399
- Zaidel, D. W., and Nadal, M. (2011). Brain intersections of aesthetics and morals: perspectives from biology, neuroscience, and evolution. *Perspect. Biol. Med.* 54, 367–380. doi: 10.1353/pbm.2011.0032

**Conflict of Interest Statement:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Received: 24 July 2013; accepted: 04 March 2014; published online: 21 March 2014.

Citation: Mallon B, Redies C and Hayn-Leichsenring GU (2014) Beauty in abstract paintings: perceptual contrast and statistical properties. *Front. Hum. Neurosci.* 8:161. doi: 10.3389/fnhum.2014.00161

This article was submitted to the journal *Frontiers in Human Neuroscience*.

Copyright © 2014 Mallon, Redies and Hayn-Leichsenring. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.



## Diskussion

Im folgenden Kapitel werde ich zunächst die Ergebnisse meiner Studie darstellen und diskutieren. Nachfolgend erläutere ich die Bedeutung der Experimentellen Ästhetik für die Neurowissenschaften und schließlich erörtere ich, welche Rolle der Kunst in ausgewählten Bereichen der Wissenschaft zukommt. Mittels der Analyse der Studienergebnisse werde ich folgende Fragen beantworten:

- (1) Gibt es einen Adaptationseffekt auf Schönheit in abstrakten Bildern?
- (2) Welche der analysierten Bildeigenschaften sind wichtig für die Wahrnehmung von Schönheit?
- (3) Lassen sich hinsichtlich der bevorzugten Bildeigenschaften interindividuelle Präferenzmuster differenzieren?

Die in Abbildung 4 meiner Publikation veranschaulichten Ergebnisse belegen einen signifikanten *aftereffect* für wahrgenommene Schönheit. Weiterhin zeigen sich in der Analyse statistischer Bildeigenschaften Korrelationen der Schönheitsbewertungen des ersten experimentellen Teils mit bestimmten Bildeigenschaften, insbesondere mit verschiedenen Farbwerten und mit Selbstähnlichkeit. Die Probandencluster unterscheiden sich zum Teil stark hinsichtlich der Bildeigenschaften, welche positiv mit ihren jeweiligen Schönheitsbewertungen korrelieren.

### 1. Adaptation – Mit der Schönheit steigt der Anspruch

Wie in der Einleitung beschrieben, wurden die 150 Bilder, welche als Teststimuli dienten, mithilfe eines initialen Schönheitsratings (Experiment 1A) in drei Kategorien eingeteilt: *bevorzugt*, *nicht bevorzugt* beziehungsweise *durchschnittlich*. Diese Kategorien wurden jeweils spezifisch für jedes der sieben Probandencluster erstellt. Das Clustering erfolgte, um möglichst spezifische positive beziehungsweise negative Adaptoren für den einzelnen Probanden definieren zu können. Aufgrund der großen Streubreite der persönlichen Präferenzen wäre es nicht sinnvoll gewesen, dieselben Adaptoren für alle Probanden zu verwenden.

In Experiment 1B bewerteten die Probanden die *durchschnittlichen* Bilder in der Testphase deutlich negativer, wenn sie in der vorangegangenen Gewöhnungsphase bevorzugte Bilder gesehen hatten (Durchschnittsrating 2,84;  $SD = 0,19$ ) im Vergleich zum umgekehrten Szenario: Waren sie an nicht bevorzugte Bilder gewöhnt, fiel die Bewertung positiver aus (Durchschnittsrating 2,68;  $SD = 0,20$ ). Die Signifikanz dieses *perceptual contrast* konnte mit dem gepaarten T-Test gezeigt werden ( $p < 0,01$ ). Dieses Ergebnis legt nahe, dass der Anspruch der Probanden an die Teststimuli dem Niveau der Bilder in der Gewöhnungsphase folgt – ist deren Niveau besonders hoch, steigt der Anspruch und umgekehrt. Es wäre interessant, in einem weiteren Experiment zu untersuchen, in welchem Verhältnis die Stärke des Adaptationseffektes zur Dauer der Gewöhnungsphase steht. Die beschriebenen Schlussfolgerungen ergeben sich aus der gemeinsamen Betrachtung der Ergebnisse aller Probanden. Untersucht man die sieben einzelnen Cluster, fällt auf, dass in einem ein umgekehrter Effekt eingetreten ist. Trotz ausführlicher Analyse der Ergebnisse wurde die Ursache hierfür nicht gefunden. Ein Missverstehen der Aufgabenstellung seitens der vier Probanden dieses Clusters (vertauschen von negativer und positiver Bewertung) kann nicht ausgeschlossen werden.

Nach allem was mir bekannt ist, ist dies die erste Studie, welche einen *perceptual contrast* bei der Wahrnehmung von Schönheit in abstrakter Kunst nachweist. Bislang wurde das Auftreten von *aftereffects* beim Betrachten von Kunstwerken nur für die Werke eines einzelnen darstellenden Künstlers (adaptiert wurde hier jedoch auf Gesichterlänge; Carbon et al. 2007) beziehungsweise auf die Schönheit von Porträt-Gemälden (Hayn-Leichsenring et al. 2013) gezeigt. Das Ergebnis der vorliegenden Studie lässt darauf schließen, dass *perceptual contrast* in Kunstgemälden nicht notwendigerweise an semantischen Inhalt gekoppelt ist, sondern auch dann gefunden wird, wenn die betrachteten Bilder keine (beziehungsweise keine eindeutige) Bedeutung haben.

Zur Erklärung des beobachteten *perceptual contrast* bieten sich mehrere Ansätze an, von welchen drei hier diskutiert werden sollen: Zunächst kann der Effekt als Folge von Adaptation auf in den Stimuli wahrgenommene Schönheit sein. Hierbei würde die Wahrnehmung von Schönheit im jeweiligen Betrachter durch ein verändertes Antwortverhalten der angesprochenen neuronalen Kreisläufe modifiziert werden (für Erläuterungen siehe Kapitel 2 der Einleitung). Eine zweite mögliche Erklärung ist die Kriterienverschiebung, wie sie von Morgan und Kollegen (2012) beschrieben wurde. Diesen Autoren zufolge ist Bewertung an ein gegebenes Kriterium gebunden. Ein verändertes Antwortverhalten könnte ihnen zufolge dadurch verursacht werden, dass ein

oder mehrere Eigenschaften (zum Beispiel Farbe oder Selbstähnlichkeit) in den betrachteten Bildern besonders ausgeprägt sind und die Probanden ihre Bewertung bewusst oder unbewusst an diesen ausrichten, statt an einem globalen Schönheitskonzept. Drittens könnte ein bewusster oder unbewusster Vergleich der Bilder untereinander die Bewertungen der Probanden beeinflusst haben. Solch ein Vergleichseffekt bei der Bewertung hedonischer Kontraste wurde von Cogan und Kollegen (2013) in Bezug auf Gesichterattraktivität beschrieben. Die beiden letztgenannten Theorien spielen sich nicht, wie die visuelle Adaptation, auf der eigentlichen Wahrnehmungsebene einfacher Stimuli ab, sondern sind an höhere Hirnzentren gebunden. Diese können die komplexen Stimuli miteinander und mit vorherigen Erfahrungen in Verbindung setzen. Allein auf Grundlage der experimentellen Daten kann nicht klar bestimmt werden, welche dieser Erklärungen (beziehungsweise welche Kombination) ursächlich für den beobachteten Kontrasteffekt in meiner Studie ist. Die beschriebene Korrelation der statistischen Bildeigenschaften (besonders Selbstähnlichkeit) und der Größe des Kontrasteffektes kann in dieser Weise als Veränderung des visuellen Eindrucks, welche einen Adaptationseffekt entstehen lässt, gedeutet werden. Die Korrelation der Bewertung mit veränderten Bildeigenschaften könnte aber auch Hinweis auf eine Kriterienverschiebung, wie ich sie oben beschrieben habe, sein. Jedoch kann in Hinblick auf die relativ kurzen Präsentationszeit der Bilder (600 ms) vermutet werden, dass Effekte veränderter Wahrnehmung gegenüber kognitiven Prozessen eine prominente Rolle einnehmen und somit der Gewöhnungseffekt maßgeblich durch Adaptationsvorgänge verursacht wird. Eine nähere Unterscheidung und Klärung der Beiträge von Wahrnehmungsprozessen gegenüber kognitiven Mechanismen in der Wahrnehmung abstrakter Kunst wäre eine spannende Fragestellung für zukünftige Untersuchungen.

## **2. Farbwerte: Prägung durch Evolution und Biografie**

In der Bildanalyse in Experiment 2 zeigen sich Korrelationen zwischen dem Durchschnitt der Schönheitsbewertungen aus Experiment 1A mit einigen der untersuchten Farbwerte. Als Korrelationsmaß diente hierbei Spearmans Rangkorrelationskoeffizient. Ist dieser positiv, besteht ein negativer Zusammenhang zwischen Schönheitsrating und Bildeigenschaft. Dies erklärt sich aus der Verwendung von Zahlen 1 bis 4 bei den Schönheitsratings, wobei – analog dem deutschen Notensystem – die Zahl 1 die positivste

Bewertung darstellt. Für die Durchschnittswerte der folgenden Farbwerte konnte ein signifikanter Zusammenhang mit dem Schönheitsranking gezeigt werden: Im HSV-Farbraum mit dem Farbton (Spearman's  $\rho = 0,182$ ;  $p < 0,05$ ), der Sättigung ( $\rho = -0,217$ ;  $p < 0,01$ ) sowie der Lage im HSV-Farbraum (auch *Farbwert* genannt;  $\rho = -0,277$ ;  $p < 0,01$ ), im RGB-Farbraum mit dem grünen Farbkanal ( $\rho = -0,217$ ;  $p < 0,01$ ) und im Lab-Farbraum mit der Helligkeit (Luminanz) beziehungsweise L-Kanal ( $\rho = -0,206$ ;  $p < 0,05$ ) sowie dem Gelb-Blau-Kanal beziehungsweise b-Kanal ( $\rho = 0,224$ ;  $p < 0,01$ ). Bei den anderen untersuchten Farbwerten wurde kein statistischer Zusammenhang mit dem Durchschnittsrating der Probanden gefunden.

Darüber hinaus analysierte ich den Zusammenhang mit dem Schönheitsrating der einzelnen Probandencluster. Für die Farbwerte gestalten sich diese zu großen Teilen ähnlich den Korrelationen mit der Gesamtbewertung aller Probanden, allerdings zeigen sich zahlreiche clusterspezifische Korrelationen mit bestimmten Farbeigenschaften (in Klammern die jeweilige Anzahl der Cluster für welche signifikante Korrelationen gefunden wurden): Farbton (6), Sättigung (13) und Lage im HSV-Farbraum (13) – mit einer Ausnahme bei der Sättigung durchweg positive Korrelationen; im RGB-Farbraum zeigten sich starke Korrelationen mit Rot (13), Grün (13), und Blau (7); im Lab-Farbraum zeigten sich positive Korrelationen mit Helligkeit (12), dem Rot/Grün-Verhältnis (5), dem Grün/Rot-Verhältnis (1) sowie dem Gelb/Blau-Verhältnis (10). Im Lab-Farbraum stellen Rot und Grün beziehungsweise Gelb und Blau Gegensatzpaare dar, welche jeweils an die Enden einer Skala liegen. Beispielsweise sagt die Korrelation mit dem Rot/Grün-Verhältnis aus, dass die Rot Farbe gegenüber seinem Kontrast Grün bevorzugt wird, nicht aber, wie Rot im Verhältnis zu anderen Farben steht.

Den Ergebnissen zufolge werden von den meisten Probanden gesättigte, helle Farben und gelbliche oder rötliche Farbtöne bevorzugt. Auch viele andere Studien betonen die herausragende Rolle von Farbe für die ästhetische Qualität von Bildern (z.B. Amirshahi et al. 2013). Die Favorisierung heller sowie rötlicher und gelblicher Farben kann mit der *ecological valence theory* von Palmer und Schloss (2010) erklärt werden, welche die Präferenz für bestimmte Farben mit Assoziationen bevorzugter Objekte dieser Farben erklären (siehe Kapitel 3 der Einleitung). Allerdings fanden diese Autoren im Gegensatz zu meiner Studie eine Bevorzugung blauer Farbtöne gegenüber gelben. Möglicherweise ist dies auf die Verwendung unterschiedlicher Teststimuli zurückzuführen (homogen einfarbige Quadrate beziehungsweise Kunstwerke). Zudem ließen sich in den verschiedenen Probandenclustern unterschiedliche Präferenzmuster beobachten. Ich

vermute, dass biographische Erlebnisse das Ästhetikempfinden der Probanden beeinflussen und so mitverantwortlich für diese Unterschiede sind. Da die Probanden ausnahmslos in einer Gesellschaft leben, in der für die Mehrheit der Menschen der Kampf ums tägliche Überleben nicht mehr zentral ist und somit Fertigkeiten wie Gefahrenerkennen oder Nahrungssuche kaum benötigt werden, wirken sich durch Lernmechanismen individuelle Erfahrungen und kulturelle Phänomene möglicherweise zunehmend auf die Präferenzen aus.

Farbe hat sich in meiner Studie als wichtige Einflussgröße auf ästhetische Urteile erwiesen. Deshalb möchte ich näher auf verschiedene Konzepte eingehen, die Erklärungsversuche dazu anbieten, warum Menschen bestimmte Farben anderen vorziehen. Palmer und Kollegen (2014) geben in ihrer jüngsten Veröffentlichung einen Überblick hierüber, den ich in Kürze zusammenfassen möchte: Nicholas Humphrey (1976) vermutete, dass Farben Annäherungs- beziehungsweise Vermeidungssignale an uns senden. Farbe enthalte Information darüber, mit welchen Objekten ein Organismus interagieren sollte und in welchen Fällen eine Interaktion besser unterbleibt. Hulbert und Ling (2007) propagierten eine *evolutionary theory*, derzufolge sich Präferenz für bestimmte Farben bereits früh in der Sehbahn durch natürliche Auslese herausbildet. Der Farbraum ist hier durch die drei Zapfentypen der Retina bestimmt, welche jeweils auf die Wahrnehmung von Licht eines bestimmten Wellenlängenbereiches spezialisiert sind. Andere Autoren vermuteten einen ähnlichen Selektionsprozess, jedoch auf höherer neuronaler Ebene (siehe Guilford und Smith 1959). Da sich diese Prozesse nah an der bewussten Farbwahrnehmung befinden sollen, wird diese Theorie auch als *color appearance theory* bezeichnet. Guilford und Smith gehen davon aus, dass sich Vorlieben für Farben auf einer höheren neuronalen Ebene ausbilden, auf welcher das Gehirn Farben in einem dreidimensionalen System wahrnimmt. In diesem wird eine Farbwahrnehmung entsprechend ihres Farbwertes (englisch *hue*), ihrer Sättigung (*saturation*) und ihres Hellwertes (*value*) eingeordnet. Das durch diese drei Parameter gekennzeichnete Modell wird entsprechend der englischen Bezeichnungen als HSV-Farbraum bezeichnet. Beschrieben wurde es von Hård und Sivik in ihrer Veröffentlichung *Natural Color System* (1981). Hinsichtlich des emotionalen Gehaltes von Farben postulierten Ou und Kollegen (2004b), dass sich die emotionale Reaktion des Menschen auf Farbe in neun Dimensionen beschreiben lasse. Aus ihren Studien und den Analysen anderer Autoren folgerten sie, dass „aktive“, „helle“, „kühle“ Farben gegenüber „passiven“, „dunklen“, „warmen“ Farben im Durchschnitt bevorzugt würden. Jedoch gibt es in diesem Modell

keine Dimension „fröhlich – traurig“, wie Palmer und Kollegen anmerken. In ihrem eigenen Modell, sowie in dem von Ou und Kollegen, würden scheinbar „traurige“ Farbtöne, wie kaltes Blau, „fröhlichen“ gegenüber bevorzugt, wofür bislang noch keine zufriedenstellende Erklärung gegeben worden sei. Palmer und Kollegen meinen mit ihrer *ecological valence theory* einen Ansatz gefunden zu haben, welcher all die vorher beschriebenen einschließt und sogar über sie hinausweist. Ihre Theorie gründen sie auf zwei Prämissen: die *evolutionäre* Prämisse, welche besagt, dass Vorlieben für Farbe grundsätzlich Anpassungsmechanismen durch natürliche Auslese unterworfen sind und die *emotionale* Prämisse, wonach die affektive Bedeutung der Farben von diesen Veränderungen abhängig ist. Palmer und Kollegen diskutieren, dass farbrelevante Erfahrungen unsere Vorlieben für Farben auf fünf verschiedene Weisen verändern können:

1. Farben, deren Präferenz innerhalb der ökologischen Nische des Menschen einen Selektionsvorteil darstellt, werden bevorzugt.
2. Lernmechanismen passen diese Präferenzen der jeweiligen Umwelt an. Soweit folgen sie den bisherigen Modellen.
3. Menschen, tendieren bewusst oder unbewusst, zu Farben, welche mit ihrer eigenen Haut-, Haar- oder Augenfarbe harmonisieren.
4. Individuelle Erlebnisse haben Einfluss auf unsere Haltung zu bestimmten Farben.
5. Unsere ästhetischen Einschätzungen unterliegen dynamischen Prozessen, welche periodisch sein können, wie Jahreszeiten, oder sich fortlaufend verändern, wie Mode, kulturelle Faktoren und der persönliche Entwicklungsprozess.

Palmer und Kollegen schließen daraus, dass implizites Wissen über Objekte unserer Umwelt und deren Beziehungen zu uns der zentrale Aspekt für die Herausbildung ästhetischer Urteile sind. Sie prüfen ihre These auch für andere Bildeigenschaften, wie die räumliche Komposition und versuchen ihre Ergebnisse anhand von Erhebungen in verschiedenen Kulturkreisen und mit größeren Stichproben zu testen und weiterzuentwickeln. Wie oben beschrieben, lassen sich durch die Ergebnisse meiner Studie einige ihrer Hypothesen untermauern – beispielsweise mit den darin beschriebenen stark differierenden Farbvorlieben bei verschiedenen Probandenclustern. Es bleibt abzuwarten, ob sich in Folgestudien mit umfassenderen Stichproben die Bildung von Personengruppen mit bestimmten Geschmackspräferenzen weiterverfolgen lässt, auch wenn diese Personen keinen gemeinsamen kulturellen oder sozialen Hintergrund teilen.

### 3. Andere Bildeigenschaften als Farbwerte: clusterspezifische Selbstähnlichkeit

Wie am Beispiel der Farbwerte bereits ausgeführt, berechnete ich auch für die übrigen Bildeigenschaften Spearmans Rangkorrelationskoeffizient sowohl für den Zusammenhang mit der Gesamtbewertung aller Probanden, als auch für den mit den einzelnen Probandenclustern: Keine der untersuchten Bildeigenschaften zeigt eine signifikante Korrelation ( $p < 0,05$ ) mit der Gesamtbewertung. Hinsichtlich der Selbstähnlichkeit ergibt sich jedoch eine interessante Beobachtung: Obwohl auch sie keine signifikante Korrelation mit dem Gesamtdurchschnitt zeigt, finden sich Korrelationen mit dem Rating von 10 der 25 einzelnen Probandencluster. Diese Korrelationen sind bemerkenswerterweise nicht gleichsinnig gerichtet, sondern teils positiv (7 Cluster), teils negativ (3 Cluster). Wie oben erläutert, bedeutet ein positiver Zusammenhang hierbei, dass sehr selbstähnliche Bilder *nicht bevorzugt* werden. Darüber hinaus konnte ich in weiteren Analysen zeigen, dass die Selbstähnlichkeit der Bilder einen starken Effekt auf die Clusterbildung der Probanden hat. Dies weist darauf hin, dass Probanden mit ähnlichen Bewertungsmustern oft auch einen ähnlichen Grad an Selbstähnlichkeit bevorzugen. Probanden verschiedener Gruppen können sich hierin aber deutlich voneinander unterscheiden.

Die in meiner Studie gemessene durchschnittliche Selbstähnlichkeit der abstrakten Bilder ( $0.68 \pm 0.13$  SD) ist interessanterweise ähnlich der Selbstähnlichkeit von 197 Werken darstellender Kunst ( $0.67 \pm 0.09$  SD) in einer Studie von Braun und Kollegen. Sie kommt nahe an die Selbstähnlichkeit von Fotografien natürlicher Szenen ( $0.64 \pm 0.10$  SD) und ist signifikant höher als die Selbstähnlichkeit von Fotografien städtischer Szenen ( $0.55 \pm 0.08$  SD) und einfacher Objekte ( $0.54 \pm 0.07$  SD). Bilder von Ästen besitzen einen höheren Wert an Selbstähnlichkeit ( $0.77 \pm 0.07$  SD; Braun et al. 2013). Folgt man der These von Boon und Kollegen (2011) gibt es einen Grad an Selbstähnlichkeit, welcher optimal von unserem Sehsystem verarbeitet werden kann und dadurch einen ästhetischen Eindruck hinterlässt. Verschiedene Autoren vermuten diesen Wert nahe dem von natürlichen Szenen, da unser Sehsystem durch deren Wahrnehmung entstanden sei (siehe Simoncelli und Olshausen 2001, Redies 2007, Graham und Field 2007). Dieser Teil der sogenannten „Savannen-Hypothese“ (Orians 1986) wird durch die Beobachtung gestützt, dass Werke darstellender Kunst häufig eine vergleichbare Selbstähnlichkeit wie natürliche Szenen aufweisen, selbst wenn die dargestellten Objekte im Original dies nicht tun. Dies deutet darauf hin, dass dieser Grad an Selbstähnlichkeit als besonders ästhetisch wahrgenommen wird (ausgeführt am Beispiel von Porträts: Redies et al. 2007b). Den Ergebnissen der vorliegenden Studie zufolge scheint sich die Tendenz der Produktion von

Bildern mit einer naturnahen Selbstähnlichkeit auch auf abstrakte Bilder zu beziehen. Interessanterweise ergeben sich bei der Bevorzugung von Bildern verschiedener Selbstähnlichkeiten Unterschiede für die verschiedenen Probandencluster. Die Bewertungen mancher Cluster korrelieren positiv mit Selbstähnlichkeit, die anderer negativ. Eine mögliche Erklärung ist, dass einige der Bilder mit ihrer hohen Selbstähnlichkeit sogar über dem von Probanden präferierten Optimum liegen. Zudem zeigte sich in weiteren Analysen, dass die Selbstähnlichkeit der Bilder einen starken Effekt auf die Clusterbildung der Probanden hat. Dies weist daraufhin, dass Probanden mit ähnlichen Bewertungsmustern oft auch einen ähnlichen Grad an Selbstähnlichkeit bevorzugen. Probanden verschiedener Gruppen können sich hierin aber deutlich voneinander unterscheiden.

Bei den weiteren Bildeigenschaften – Komplexität, Anisotropie, dem Birkhoff-ähnlichen Maß sowie dem Bildformat – wurde keine signifikante Korrelation gefunden. Man nimmt an, dass der Zusammenhang zwischen Komplexität und Schönheitsempfinden dem einer umgekehrten U-Kurve folgt – also ein mittlerer Grad an Komplexität einem hohen Grad an Ästhetik entspricht (Forsythe et al. 2011; siehe Kapitel 3 der Einleitung). Trotz ausführlicher statistischer Analyse konnte ich in meiner Untersuchung jedoch keinerlei Zusammenhang zwischen Komplexität und den Schönheitsbewertungen finden. Da Komplexität in die Berechnung des Birkhoff-ähnlichen Maßes einfließt, verwundert es nicht, dass auch hierfür keine Korrelationen gefunden wurden.

Kunstgemälde westlicher Herkunft weisen eher geringe Werte für Anisotropie auf (Redies et al. 2012), was vermuten lässt, dass isotrope Gemälde als ästhetischer empfunden werden. Dennoch zeigte sich in meiner Studie mit abstrakten Kunstbildern kein Zusammenhang von Anisotropie und Schönheitsbewertungen. Diese Studie war meines Wissens nach die erste, welche den Zusammenhang dieser beiden Parameter untersuchte. Weitere Untersuchungen dieses Verhältnisses könnten sich der Bedeutung von Anisotropie für die Wahrnehmung von Schönheit in verschiedenen Kunststilen widmen. Auch für das Bildformat ließen sich keine Korrelationen mit den Schönheitsbewertungen finden. Die Präferenz eines bestimmten Seitenverhältnisses konnte somit nicht bestätigt werden, was mit den Ergebnissen anderer Autoren übereinstimmt (McManus 1980, Russell 2000). Insgesamt zeigte sich in der vorliegenden Studie hinsichtlich der Bildanalyse ein ähnliches Muster, wie es in Untersuchungen über darstellende Kunst beschrieben wurde (Braun et al. 2013, Redies et al. 2012).

Interessanterweise finden sich für einzelne Untergruppen von Probanden oft stärkere Korrelationen zwischen Bildbewertungen und Bildeigenschaften als für die Gesamtheit



aller Probanden. Insbesondere für Farbwerte und Selbstähnlichkeit zeigen die verschiedenen Probandengruppen deutliche Unterschiede. Dies lässt vermuten, dass es Personengruppen gibt, welche gruppenspezifische ästhetische Präferenzen besitzen. Zum Ausbau dieser These bedarf es allerdings weiterer Untersuchungen in größeren Stichproben sowie einem vielfältigeren sozialen und kulturellen Hintergrund. An der vorliegenden Studie hatten vor allem junge Studierende aus Deutschland teilgenommen. Auch andere Autoren beschreiben interindividuelle Unterschiede im ästhetischen Empfinden. Jacobsen und Höfel fanden deutliche Differenzen zwischen Probanden bei der individuellen Bewertung von grafischen Mustern hinsichtlich deren Schönheit. Wie auch in meiner Studie definierten die Probanden hierbei ihr Verständnis von Schönheit selbst. Ähnlich meinen Ergebnissen zeigte sich bei Untersuchung für individuelle Bewertungen ein klareres Bewertungsmuster als im Gruppenmodell (Jacobsen und Höfel 2002). Vessel und Rubin (2010) nahmen an, dass Menschen in ihrer Einschätzung von realitätsnahen Szenen starke Übereinstimmungen zeigen, bei nicht-semantischen Darstellungen wie abstrakten Bildern hingegen weniger. Sie vermuteten die Ursache hierfür in weithin geteilten Interpretationen semantischer Inhalte, welche neben den formalen Aspekten des Bildes bei der darstellenden Kunst in die Bewertung der Ästhetik einfließen. Die deutlichen interindividuellen Unterschiede bei meiner Studie hängen demzufolge möglicherweise mit der Verwendung abstrakter Kunstbilder zusammen.

In den gängigen medizinischen Fachzeitschriften sind Artikel, welche mit künstlerischen Arbeiten in Zusammenhang stehen, relativ selten. Zu komplex und zu wenig quantifizierbar scheinen Kunstwerke als Stimuli im Experiment. Trotz dieser Hürden sehe ich für die Medizin und die Hirnforschung großes Potential in der Hinwendung zur Kunst. Als Produkt des menschlichen Geistes stellen Kunstwerke aufschlussreiche Studienobjekte dar, welche unsere Kenntnis über die vielfältigen Ausprägungen des gesunden sowie des erkrankten menschlichen Gehirns vertiefen können. Zunehmend gelingt es in diesem Prozess, Funktionen einzelner Bildeigenschaften in der menschlichen Wahrnehmung zu beschreiben. Beispielsweise wurde in zahlreichen Studien der Einfluss von Selbstähnlichkeit auf die Wahrnehmung von Schönheit beschrieben und in der vorliegenden Studie demonstriere ich die Auswirkung von Gewöhnungseffekten auf die Wahrnehmung von Schönheit in abstrakten Kunstbildern. In den beiden folgenden Kapiteln wende ich mich der Bedeutung der Neuroästhetik in der Hirnforschung sowie der Bedeutung von Kunst in der Medizin zu und erläutere an ausgewählten Beispielen, auf welche Weise Kunst die Wissenschaft auf diesen Gebieten bereichert.

#### 4. Zur Bedeutung der Neuroästhetik in der Hirnforschung

*„[Die Kunst ist] eines der komplexesten Produkte des menschlichen Gehirns. Sie kann ein neues Licht auf unser Verständnis des menschlichen Geistes werfen.“* Baingio Pinna 2007

Wie Pinna beschreibt, können Kunstwerke uns in vielfältiger Weise dabei helfen, den Menschen zu verstehen, da sie sowohl Produkt seines Geistes als auch Gegenstand seiner Wahrnehmung sind. Gerade was sich schwer in Worte fassen lässt, wird fassbar in der Kunst. Bereits in den 1930er Jahren verwendete Buswell Kunstbilder als Stimulus zur Erforschung von Wahrnehmung (Buswell 1935). Als breiter genutztes Hilfsmittel und als Forschungsobjekt hat sich die Kunst in der Neurowissenschaft aber vor allem in den letzten Jahrzehnten etabliert. Hierbei kommt der Neuroästhetik eine wichtige Rolle zu. Diese erst 15 Jahre junge Disziplin ist bemüht durch die Analyse von Kunst und ihrer Perzeption Erkenntnisse über die menschliche Wahrnehmung zu erlangen. Als den menschlichen Geist in vielfältiger Weise ausdrückendes und ansprechendes Medium sind insbesondere Bilder, aber beispielsweise auch Musik und Skulpturen, Mittel und Gegenstand neurowissenschaftlicher Forschung. In dieser Arbeit beschränke ich mich auf die Darstellung der für meine Studie wichtigen Malerei. Der prominente Neurobiologe Zeki definierte die Aufgabe der Neuroästhetik als „[...] das Studieren der neuronalen Basis künstlerischer Kreativität und Leistung“. Er geht davon aus, dass eine zufriedenstellende Theorie der Ästhetik neurobiologisch basiert sein muss, da alle menschliche Aktivität Produkt des Gehirns ist und somit dessen Organisationsprinzipien unterliegt. Zeki sucht nach Prinzipien visueller Wahrnehmung, die in der Kunst Anwendung finden. Als solche identifizierte er Konstanz und Abstraktion. Mit Konstanz bezeichnet Zeki das Bestreben des visuellen Gehirns, die gleichbleibenden Eigenschaften von Objekten und Oberflächen unter ständig wechselnden Wahrnehmungsbedingungen zu ergründen; Abstraktion steht dabei für den Prozess, etwas Bestimmtes einem Allgemeinen unterzuordnen, sodass dieses Allgemeine auf viele Bestimmte angewendet werden kann (Zeki 2001). Einen wichtigen Beitrag zu dem Gebiet leisteten auch Ramachandran und Hirstein, die eine „Neurologische Theorie der ästhetischen Erfahrung“ formulierten, in welcher sie „8 Gesetze künstlerischer Erfahrung“ postulieren (Ramachandran und Hirstein 1999). Conway und Livingstone untersuchten die Rolle des Künstlers als Erforscher der visuellen Wahrnehmung. Sie bemerkten, dass verschiedene Künstler wie Vincent van Gogh, Paul Cézanne oder David Hockney bewusst oder unbewusst Gegenstände als Fusion verschiedener Perspektiven malten. In diesem scheinbaren Unvermögen die tatsächliche

Perspektive des Betrachters korrekt wiederzugeben, komme das Prinzip des Gehirns zum Ausdruck, dreidimensionale Modelle von Gegenständen zu bilden, mit welchem der Künstler sich kreativ auseinandersetzt (Abbildung 4; Conway und Livingstone 2007). Von eher kunsthistorischem Interesse ist die Untersuchung von Bildern hinsichtlich Hinweisen auf mögliche ophthalmologische Erkrankungen ihrer Maler (Marmor und Lanthony 2001, Ravin und Ravin 1999, Simunovic 2014). Neben der Analyse der Kunstwerke selbst ermöglichen technische Hilfsmittel die Untersuchung des Wahrnehmungsprozesses. In zahlreichen Studien wurde versucht, mit Hilfe von Methoden wie Eye-Tracking, EEG oder MRT Erkenntnisse über die Wahrnehmung von Kunst zu gewinnen (u.a. Santella und DeCarlo 2002, Dietrich und Kanso 2010, Belkofer und Konopka 2008). Andere Autoren wie Hyman beklagen allerdings eine mangelhafte wissenschaftliche Praxis auf dem Gebiet der Neuroästhetik und halten die selbst zugeschriebene Bedeutung dieser Forschung für übertrieben: „Neurowissenschaft kann einige Eigenschaften in manchen Gemälden erklären. [...] Aber die Idee, dass eine neurologische Theorie der Kunst in Aussicht ist, halte ich für vollkommen unplausibel.“ (Hyman 2010). Auch Augustin, die selbst über Kunst und deren Wahrnehmung forscht, kritisiert den unpräzisen Wortgebrauch in dem Gebiet (Augustin et al. 2012). Die Neuroästhetik ist eine junge, schnell wachsende Disziplin, deren Methoden und Sprachgebrauch noch einer genaueren Definierung bedürfen. Gelingt dies, könnte sie interessante Einblicke in den menschlichen Geist ermöglichen.



**Abbildung 4: Beispiele künstlerisch verfälschter Perspektive**

A: Vincent van Gogh, „Vincent's Stuhl mit Pfeife“, 1888 (Wikimedia Commons, Internetquelle 2).

B: David Hockney, „Stuhl, Jardin du Luxembourg“, 1985  
(freundliche Genehmigung von ©Reproductions David Hockney).

Während in von Goghs Gemälde subtil mehrere Perspektiven miteinander verschmelzen, spielt Hockney in seiner Fotocollage offensiv mit der perspektivischen Dekonstruktion des Stuhls.

## 5. Zur Bedeutung von Kunst in der Medizin

Die oben aufgeführten Veröffentlichungen bemühen sich im Sinne der Grundlagenforschung vor allem um ein besseres Verständnis der Funktion des gesunden Gehirns. Viele Erkenntnisse über unsere neuronalen Prozesse stammen jedoch aus der Beschäftigung mit Menschen, die ihre Hirnfunktion durch Erkrankung oder Verletzung teilweise verloren haben. Auch hier stellen verschiedene Bereiche der Kunst ein gut geeignetes Forschungsobjekt dar: Eine Vielzahl von Autoren gibt durch einschlägige Fallbeispiele einen Überblick, wie sich die künstlerische Tätigkeit bei solchen Patienten verändern kann. Ein Wissenschaftler, der sich für die Kunst der Kranken interessiert, ist der Neurologe Oliver Sacks, welcher zahlreiche Bücher mit einfach verständlichen Fallschilderungen veröffentlichte, die durch ihre Kuriosität aber vor allem durch ihre empathische Schilderung individueller Schicksale ein breites Publikum erreichen. Sacks ließ seine Patienten oftmals etwas zeichnen, um einen Überblick über ihre Fähigkeiten und einen Einblick in ihren „Charakter“ und „Stil“ zu erhalten (Sacks 1995). In zahlreichen

Publikationen auch anderer Autoren werden Verlust und Einschränkung der künstlerischen Tätigkeit durch das Krankheitsereignis beschrieben. Oft lassen sich anhand der Veränderungen Rückschlüsse auf die geschädigten Hirnregionen ziehen, welche mittels bildgebender Verfahren verifiziert werden können (u.a. Chatterjee 2004). Während heute moderne Bildgebungsverfahren wie fMRT Hinweise auf den Zusammenhang von Hirnareal und Funktion liefern, war lange Zeit die Untersuchung von Patienten mit Hirnschädigungen die maßgebliche Methode zur Abgrenzung der Funktion einzelner Hirnareale. Der sicher bekannteste dieser Patienten ist Phineas Gage. Bei einer Sprengung am 13. September 1848 schoss ihm eine drei Zentimeter dicke Eisenstange durch den Schädel, was er überraschenderweise überlebte. Trotz des großen Wundkanals, welcher Rekonstruktionen zufolge durch den linken orbitofrontalen und präfrontalen Kortex führte, bemerkte man zunächst nur eine Zerstörung des linken Auges. Allerdings war seine Persönlichkeit infolge des Traumas verändert: Der als ausgeglichen und freundlich bekannte Gage wurde impulsiv, kindisch und verhielt sich anderen gegenüber unsozial. Aus dieser Veränderung schloss man erstmals auf die Persönlichkeit und Selbstkontrolle konstituierende Funktion des Frontalhirns. Das Krankheitsbild, welches durch die Zerstörung desselben entsteht, wurde später als Frontalhirnsyndrom bekannt (Macmillan 2000, Ratiu et al. 2004).

Viele Autoren untersuchten an Einzelfällen, wie sich nach Erkrankung von Künstlern deren Werke verändern. Erwartungsgemäß findet sich hierbei oft ein teilweiser oder vollständiger Verlust der Fähigkeit zum künstlerischen Ausdruck durch motorische oder kognitive Einschränkungen (Bäzner und Henerici 2007, Kleiner-Fisman et al. 2003). In Einzelfällen wird auch krankheitsbedingte Stiländerung, Zunahme oder sogar neu auftretende künstlerische Tätigkeit beschrieben sowie die Veränderung der in den Werken bearbeiteten Themen (Seeley et al. 2008, Annoni et al. 2005, Mendez 2004, Midorikawa und Kawamura 2015; Internetquelle 1). Die häufigsten in diesem Zusammenhang betrachteten Krankheitsbilder sind der Schlaganfall und die traumatische Hirnschädigung sowie neurodegenerative Erkrankungen wie Demenz, Parkinson aber auch solche mit nur temporärer Beeinträchtigung wie Migräne oder Epilepsie. Die dazu vorhandene Forschung ausführlich zu betrachten überstiege den Rahmen dieser Arbeit, weshalb ich nur auf einige Publikationen verweisen möchte, in welchen unter anderem eindrucksvolle Vergleiche von Kunstwerken vor und nach Eintritt solcher Erkrankungen zu finden sind (Emery 2004, Schott 2012, Piechowski-Jozwiak und Bogousslavsky 2013). Eine breitere Übersicht zum Thema findet sich in dem Buch *Neurological Disorders in Famous Artists* von Bogousslavsky und Kollegen (Bogousslavsky et al. 2010). Eine sehr eindrückliche Serie von

Selbstporträts des an Alzheimer-Demenz erkrankten Künstlers William Utermohlen (erstmalig veröffentlicht von Crutch et al. 2001) kann online eingesehen werden (Internetquelle 2). Verschiedene Autoren fanden heraus, dass ästhetische Präferenzen bei Alzheimer-Patienten auch in fortgeschrittenen Krankheitsstadien noch relativ stabil bleiben und schlagen vor, Kunst stärker in die Therapie der Patienten mit einzubeziehen (Halpern et al. 2008, Halpern und O'Connor 2013, Graham et al. 2013). Besondere Aufmerksamkeit erhält der Umstand, dass Patienten mit einer Demenz, die sich vornehmlich in der Degeneration der frontalen und temporalen Hirnareale manifestiert, häufig einen Zuwachs an Kreativität erleben und einen freieren Stil entwickeln. Vermutlich werden hierbei Fähigkeiten freigesetzt, welche beim Gesunden durch den Frontallappen unterdrückt sind (Gretton 2014, Mell et al. 2003, Mendez 2004, Miller et al. 1998). Chatterjee bemerkt über die wissenschaftliche Berichterstattung zu neurologisch erkrankten Künstlern, dass man mit dem Ziehen von Rückschlüssen auf neuronale Gesetzmäßigkeiten vorsichtig sein sollte, weil die Zahl der berichteten Fälle relativ klein, die Berichte deskriptiv und die prämorbid-künstlerischen Fertigkeiten sehr unterschiedlich sind (Chatterjee 2004). Doch selbst wenn sich meist keine allgemeingültigen Erkenntnisse aus den Werken eines einzelnen Patienten ableiten lassen, so kann die Auseinandersetzung mit diesen zum Verständnis des Patienten und seiner Situation beitragen. Vielen Patienten hilft der künstlerische Ausdruck ganz unmittelbar beim Verarbeiten von Krankheit und Leid. Insbesondere im Kontext psychiatrischer Behandlung aber auch bei anderen psychisch belastenden Erkrankungen wird die Kunsttherapie genutzt, um Patienten zu ermöglichen, sich auf diese Weise konstruktiv mit ihrer Situation auseinanderzusetzen und um einen besseren Einblick in den Krankheitsverlauf zu erhalten (Belkofer et al. 2014, Drapeau und Kronish 2007, Mahony und Waller 1992, Monti et al. 2006, Pratt und Wood 1998). Neben der Malerei können hierbei natürlich auch andere Ausdrucksformen wie Musiktherapie oder Tanz eingesetzt werden. Bei psychiatrischen Erkrankungen, durch welche den Betroffenen die Kommunikation erschwert ist, kann Kunst einen Einblick in deren Welt ermöglichen. Insbesondere für Patienten mit psychotischen Störungen kann diese Form der therapeutischen Auseinandersetzung hilfreich sein, da sie sich dadurch weiterhin mitteilen können, wenn das sprachliche Ausdrucksvermögen weitgehend verloren gegangen ist. Zudem fühlen die Betroffenen sich hierbei meist weniger eingeengt und auf ihre Defizite hingewiesen als in direkter Kommunikation (Mössler et al. 2011, Richardson et al. 2007, Ruddy und Milnes 2005). Eine Vielzahl von Veröffentlichungen beschäftigt sich mit den Besonderheiten der Kunst autistischer Menschen. Obwohl diese in vielen

Lebensbereichen eine verminderte Leistungsfähigkeit besitzen, sind manche in der Lage, Gegenstände ihrer Umwelt verblüffend genau zeichnerisch wiederzugeben. Diese besonderen räumlich-visuellen Fähigkeiten werden darauf zurückgeführt, dass Autisten das Gesehene weniger stark mit vorherigen Erfahrungen verknüpfen und dadurch beispielsweise kein dreidimensionales Konzept eines Stuhles entwickeln, wie ich es oben als Ursache unrealistischer Perspektive bei nicht-autistischen Künstlern vorgestellt habe (Mitchell und Ropar 2004, Treffert 2009). Solche Schlussfolgerungen müssen aber kritisch gesehen werden, da die visuellen Defizite, die bei autistischen Personen von einigen Autoren postuliert wurden, zum Teil durchaus kontrovers diskutiert werden (Simmons et al. 2009). Darüber hinaus gibt es immer wieder Berichte über außergewöhnliche Inselbegabungen von Autisten im künstlerischen Bereich. In den Medien wurde beispielsweise der Fall von Iris Grace bekannt, welche bereits im Alter von 3 Jahren erstaunliche abstrakte Gemälde erstellte, lange bevor sie erste Worte sprechen konnte (Abbildung 5; Internetquelle 3). Solche Darstellungen von Kindern, welche oft in besonderem Maß von ihren Eltern gefördert werden, sind nur von begrenzter wissenschaftlicher Aussagekraft. Dennoch zeigen sich hierin interessante Perspektiven auf die Wahrnehmung von Menschen, deren Gehirn anders arbeitet als das der meisten. Zudem ist die Möglichkeit des künstlerischen Ausdrucks für die Betroffenen häufig ein positives Erlebnis und therapeutisch wertvoll. So lassen sich unter anderem positive Auswirkungen von Kunsttherapie auf das Sozialverhalten von Autisten belegen (Epp 2008).



**Abbildung 5: künstlerische Begabung eines autistischen Kindes**

Iris Grace „Tumpty tum“, 2014 (©irisgracepainting)

(Internetquelle 5; mit freundlicher Genehmigung von P.J. Grace).

Mittlerweile gab es erste Versuche, die Kunst psychiatrischer Patienten deskriptiv zu quantifizieren (Hacking et al. 1996). Verbreitung gefunden hat dieses Vorgehen jedoch bislang nicht, da die Werke in der Regel im Kontext der weiteren persönlichen Eigenschaften der Patienten betrachtet werden müssen. Dennoch lassen sich bei manchen Krankheitsbildern statistische Besonderheiten nachweisen. So konnte gezeigt werden, dass die Bildstrukturen bei schizophrenen Künstlern eine veränderte Raumverteilung aufweisen (Graham und Meng, 2011). Auf dem internationalen Kunstmarkt wurde die Anerkennung der Werke geistig beeinträchtigter Menschen insbesondere durch die in den 1970er Jahren entstandene Bewegung der *Outsider Art* (Cardinal, 1972) beziehungsweise der *Art brut* (Dubuffet, 1973) vorangetrieben.

## **Schlussfolgerungen**

Die in der vorliegenden Studie dargestellte Untersuchung leistet im Sinne der Experimentellen Ästhetik einen Beitrag zum besseren Verständnis der psychophysischen Grundlagen der Wahrnehmung von Schönheit. Es wurde hierbei erstmals ein Adaptationseffekt auf Schönheit in abstrakten Kunstbildern nachgewiesen. Von den untersuchten statistischen Bildeigenschaften stehen insbesondere Selbstähnlichkeit und verschiedene Farbwerte im Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Schönheit. Unterschiedliche Präferenzmuster in den Probandenclustern könnten ein Hinweis auf die Existenz unterschiedlicher interindividueller Schönheitskonzepte sein. Die Unabhängigkeit dieser Ergebnisse von kulturellen und sozialen Einflüssen müsste in international angelegten Untersuchungen mit größeren Stichproben erwiesen werden.



## Literatur- und Quellenverzeichnis

- Adams R. 1834. An account of a peculiar optical phenomenon seen after having looked at a moving body, etc. London trnd Edit& PhTI Mog J Science:373-374.
- Albrecht D, Farrar S, Hamilton D. 1984. Spatial contrast adaptation characteristics of neurones recorded in the cat's visual cortex. The Journal of Physiology, 347 (1):713-739.
- Allesch CG. 1987. Geschichte der psychologischen Ästhetik: Untersuchungen zur historischen Entwicklung eines psychologischen Verständnisses ästhetischer Phänomene. CJ Hogrefe.
- Allesch CG. 2006. Einführung in die psychologische Ästhetik. WUV.
- Amirshahi SA, Koch M, Denzler J, Redies C. 2012. PHOG analysis of self-similarity in aesthetic images. IS&T/SPIE Electronic Imaging. International Society for Optics and Photonics.
- Annoni J-M, Devuyst G, Carota A, Bruggimann L, Bogousslavsky J. 2005. Changes in artistic style after minor posterior stroke. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 76 (6):797-803.
- Antal A, Varga ET, Nitsche MA, Chadaide Z, Paulus W, Kovács G, Vidnyánszky Z. 2004. Direct current stimulation over MT+/V5 modulates motion aftereffect in humans. Neuroreport, 15 (16):2491-2494.
- Arnheim R. 1954. Art and visual perception: A psychology of the creative eye. Univ of California Press.
- Arnheim R. 1971. Entropy and art. Berkeley: University of California Press.
- Augustin MD, Wagemans J, Carbon C-C. 2012. All is beautiful? Generality vs. specificity of word usage in visual aesthetics. Acta Psychologica, 139 (1):187-201.
- Baccus SA, Meister M. 2002. Fast and slow contrast adaptation in retinal circuitry. Neuron, 36 (5):909-919.
- Baccus SA, Meister M. 2004. Retina versus cortex: contrast adaptation in parallel visual pathways. Neuron, 42 (1):5-7.
- Barlow HB. 1989. Unsupervised learning. Neural computation, 1 (3):295-311.
- Bartels A, Zeki S. 2000. The architecture of the colour centre in the human visual brain: new results and a review. European Journal of Neuroscience, 12(1):172- 193.
- Bäzner H, Hennerici MG. 2007. Painting after right-hemisphere stroke—case studies of professional artists.

- Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R. 2012. Duale Reihe Physiologie. Georg Thieme Verlag.
- Behrouz B. 2010. Ästhetik: Begriffsbestimmung, theoretische Fundierung und Operationalisierung im Kontext der Markenführung. BoD–Books on Demand.
- Belkofer CM, Konopka LM. 2008. Conducting art therapy research using quantitative EEG measures. *Art Therapy*, 25 (2):56-63.
- Belkofer CM, Van Hecke AV, Konopka LM. 2014. Effects of drawing on alpha activity: A Quantitative EEG study with implications for art therapy. *Art Therapy*, 31 (2):61-68.
- Bense M. 1969. Einführung in Die Informationstheoretische Ästhetik Grundlegung Und Anwendung in der Texttheorie.
- Berlyne DE. 1974. Studies in the new experimental aesthetics: Steps toward an objective psychology of aesthetic appreciation. Hemisphere.
- Birbaumer N, Pham M, Hinterberger T, Neumann N, Kübler A, Hofmayer N, Grether A, Wilhelm B, Vatine J-J. 2005. An auditory brain-computer interface based on the self-regulation of slow cortical potentials. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 19 (3):206-218.
- Birbaumer N, Schmidt RF. 2005. Wachen, Aufmerksamkeit und Schlafen. *Physiologie des Menschen*. Springer, 204-223.
- Birkhoff GD. 1933. Aesthetic measure. Cambridge, Mass.
- Bogousslavsky J, Hennerici MG, Bänzner H, Bassetti C. 2010. Neurological disorders in famous artists. Karger Medical and Scientific Publishers.
- Bonds A. 1991. Temporal dynamics of contrast gain in single cells of the cat striate cortex. *Visual neuroscience*, 6 (03):239-255.
- Boon JP, Casti J, Taylor RP. 2011. Artistic forms and complexity. *Nonlinear Dynamics-Psychology and Life Sciences*, 15 (2):265.
- Bosch A, Zisserman A, Munoz X. 2007. Representing shape with a spatial pyramid kernel. *Proceedings of the 6th ACM international conference on Image and video retrieval*. ACM.
- Boselie F. 1992. The golden section has no special aesthetic attractivity! *Empirical Studies of the Arts*, 10 (1):1-18.
- Braun J, Amirshahi SA, Denzler J, Redies C. 2013. Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture. *Frontiers in psychology*, 4.
- Buswell GT. 1935. How people look at pictures: a study of the psychology and perception in art.

- Carandini M, Ferster D. 1997. A tonic hyperpolarization underlying contrast adaptation in cat visual cortex. *Science*, 276 (5314):949-952.
- Carbon C, Leder H, Ditye T. 2007. When style matters. Art-specific adaptation effects. *Perception ECVP abstract*, 36:0-0.
- Cardinal R. 1972. *Outsider art*. Praeger.
- Cela-Conde CJ, Agnati L, Huston JP, Mora F, Nadal M. 2011. The neural foundations of aesthetic appreciation. *Progress in neurobiology*, 94 (1):39-48.
- Chance FS, Nelson SB, Abbott LF. 1998. Synaptic depression and the temporal response characteristics of V1 cells. *The Journal of neuroscience*, 18 (12):4785- 4799.
- Chandler DM, Field DJ. 2007. Estimates of the information content and dimensionality of natural scenes from proximity distributions. *JOSA A*, 24 (4):922-941.
- Chatterjee A. 2004. The neuropsychology of visual artistic production. *Neuropsychologia*, 42 (11):1568-1583.
- Clifford CW, Rhodes G. 2005. *Fitting the mind to the world: Adaptation and after-effects in high-level vision*. Oxford University Press.
- Clifford CW, Webster MA, Stanley GB, Stocker AA, Kohn A, Sharpee TO, Schwartz O. 2007. Visual adaptation: neural, psychological and computational aspects. *Vision research*, 47 (25):3125-3131.
- Cogan E, Parker S, Zellner DA. 2013. Beauty beyond compare: Effects of context extremity and categorization on hedonic contrast. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39 (1):16.
- Conway BR, Livingstone MS. 2007. Perspectives on science and art. *Current opinion in neurobiology*, 17 (4):476-482.
- Crutch SJ, Isaacs R, Rossor MN. 2001. Some workmen can blame their tools: artistic change in an individual with Alzheimer's disease. *The Lancet*, 357 (9274):2129-2133.
- Dalal N, Triggs B. 2005. Histograms of oriented gradients for human detection. *Computer Vision and Pattern Recognition, 2005 CVPR 2005 IEEE Computer Society Conference on*. IEEE.
- Datta R, Joshi D, Li J, Wang JZ. 2006. Studying aesthetics in photographic images using a computational approach. *Computer Vision–ECCV 2006*. Springer, 288-301.
- Dietrich A, Kanso R. 2010. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological bulletin*, 136 (5):822.
- Dragoi V, Sharma J, Miller EK, Sur M. 2002. Dynamics of neuronal sensitivity in visual cortex and local feature discrimination. *Nature neuroscience*, 5 (9):883- 891.

- Drapeau M-C, Kronish N. 2007. Creative art therapy groups: A treatment modality for psychiatric outpatients. *Art Therapy*, 24 (2):76-81.
- Dubuffet J. 1973. *L'homme du commun à l'ouvrage*. Gallimard.
- Emery AE. 2004. How Neurological Disease Can Affect an Artist's Work. *Practical neurology*, 4 (6):366-371.
- Epp KM. 2008. Outcome-based evaluation of a social skills program using art therapy and group therapy for children on the autism spectrum. *Children & Schools*, 30 (1):27-36.
- Fahlke C, Linke WA, Raßler B, Wiesner RJ. 2008. *Taschenatlas Physiologie* 1. Auflage.
- Favreau OE. 1979. Persistence of simple and contingent motion aftereffects. *Perception & Psychophysics*, 26 (3):187-194.
- Fechner GT. 1876. *Vorschule der aesthetik*. Breitkopf & Härtel.
- Forsythe A, Nadal M, Sheehy N, Cela-Conde CJ, Sawey M. 2011. Predicting beauty: fractal dimension and visual complexity in art. *British Journal of Psychology*, 102 (1):49-70.
- Gent JF, McBurney DH. 1978. Time course of gustatory adaptation. *Perception & psychophysics*, 23 (2):171-175.
- Gibson JJ. 1937. Adaptation with negative after-effect. *Psychological review*, 44 (3):222.
- Gibson JJ, Radner M. 1937. Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines. I. Quantitative studies. *Journal of Experimental Psychology*, 20 (5):453.
- Graham D, Meng M. 2011. Altered spatial frequency content in paintings by artists with schizophrenia. *i-Perception*, 2 (1):1.
- Graham DJ, Field DJ. 2007. Statistical regularities of art images and natural scenes: Spectra, sparseness and nonlinearities. *Spatial vision*, 21 (1):149-164.
- Graham DJ, Redies C. 2010. Statistical regularities in art: Relations with visual coding and perception. *Vision research*, 50 (16):1503-1509.
- Graham DJ, Stockinger S, Leder H. 2013. An island of stability: art images and natural scenes—but not natural faces—show consistent esthetic response in Alzheimer's-related dementia. *Frontiers in psychology*, 4.
- Gretton C. 2014. Art and the brain: a view from dementia. *International journal of geriatric psychiatry*, 29 (2):111-126.
- Guilford J, Smith PC. 1959. A system of color-preferences. *The American Journal of Psychology*:487-502.

- Hacking S, Foreman D, Belcher J. 1996. The Descriptive Assessment for Psychiatric Art: A New Way of Quantifying Paintings by Psychiatric Patients. *The Journal of nervous and mental disease*, 184 (7):425-430.
- Halpern AR, Ly J, Elkin-Frankston S, O'Connor MG. 2008. "I Know What I Like": Stability of aesthetic preference in alzheimer's patients. *Brain and cognition*, 66 (1):65- 72.
- Halpern AR, O'Connor MG. 2013. Stability of art preference in frontotemporal dementia. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7 (1):95.
- Hård A, Sivik L. 1981. NCS—Natural Color System: a Swedish standard for colour notation. *Color Research & Application*, 6 (3):129-138.
- Hayn-Leichsenring GU, Kloth N, Schweinberger SR, Redies C. 2013. Adaptation effects to attractiveness of face photographs and art portraits are domain-specific. *i-Perception*, 4 (5):303.
- Heerwagen JH, Orians GH. 1993. Humans, habitats, and aesthetics. *The biophilia hypothesis*:138-172.
- Hosoya T, Baccus SA, Meister M. 2005. Dynamic predictive coding by the retina. *Nature*, 436 (7047):71-77.
- Houck MR, Hoffman JE. 1986. Conjunction of color and form without attention: Evidence from an orientation-contingent color aftereffect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12 (2):186.
- Humphrey N. 1976. The colour currency of nature. *Colour for architecture*:95-98.
- Hurlbert AC, Ling Y. 2007. Biological components of sex differences in color preference. *Current Biology*, 17 (16):R623-R625.
- Hyman J. 2010. *Art and neuroscience. Beyond mimesis and convention*. Springer.
- Ishizu T, Zeki S. 2013. The brain's specialized systems for aesthetic and perceptual judgment. *European Journal of Neuroscience*, 37 (9):1413-1420.
- Jacobsen T, Höfel L. 2002. Aesthetic judgments of novel graphic patterns: analyses of individual judgments. *Perceptual and motor skills*, 95 (3):755-766.
- Jacobsen T, Schubotz RI, Höfel L, Cramon DYv. 2006. Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *Neuroimage*, 29 (1):276-285.
- Jones PD, Holding DH. 1975. Extremely long-term persistence of the McCollough effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1 (4):323.
- Kawabata H, Zeki S. 2004. Neural correlates of beauty. *Journal of neurophysiology*, 91 (4):1699-1705.

- Kersten D, O'toole AJ, Sereno ME, Knill DC, Anderson JA. 1987. Associative learning of scene parameters from images. *Applied Optics*, 26 (23):4999-5006.
- Kim C-Y, Blake R. 2007. Brain activity accompanying perception of implied motion in abstract paintings. *Spatial Vision*, 20 (6):545-560.
- Kleiner-Fisman G, Black SE, Lang AE. 2003. Neurodegenerative disease and the evolution of art: the effects of presumed corticobasal degeneration in a professional artist. *Movement disorders*, 18 (3):294-302.
- Koch M, Denzler J, Redies C. 2010. 1/f<sup>2</sup> Characteristics and isotropy in the fourier power spectra of visual art, cartoons, comics, mangas, and different categories of photographs. *PLoS one*, 5 (8):e12268.
- Kohn A. 2007. Visual adaptation: physiology, mechanisms, and functional benefits. *Journal of neurophysiology*, 97 (5):3155-3164.
- Laughlin SB. 2001. Energy as a constraint on the coding and processing of sensory information. *Current opinion in neurobiology*, 11 (4):475-480.
- Leder H, Belke B, Oeberst A, Augustin D. 2004. A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British journal of psychology*, 95 (4):489-508.
- Lennie P. 2003. The cost of cortical computation. *Current biology*, 13 (6):493-497.
- Li C, Chen T. 2009. Aesthetic visual quality assessment of paintings. *Selected Topics in Signal Processing, IEEE Journal of*, 3 (2):236-252.
- Macmillan M. 2000. Restoring phineas gage: a 150th retrospective. *Journal of the History of the Neurosciences*, 9 (1):46-66.
- Mahony J, Waller D. 1992. Art therapy in the treatment of alcohol and drug abuse. *Art Therapy: A Handbook*:173-189.
- Marchesotti L, Perronnin F, Larlus D, Csurka G. 2011. Assessing the aesthetic quality of photographs using generic image descriptors. *Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on. IEEE*.
- Marmor MF, Lanthony P. 2001. The dilemma of color deficiency and art. *Survey of ophthalmology*, 45 (5):407-415.
- McManus I. 1980. The aesthetics of simple figures. *British Journal of Psychology*, 71 (4):505-524.
- Mell JC, Howard SM, Miller BL. 2003. Art and the brain The influence of frontotemporal dementia on an accomplished artist. *Neurology*, 60 (10):1707-1710.
- Mendez MF. 2004. Dementia as a window to the neurology of art. *Medical hypotheses*, 63 (1):1-7.

- Midorikawa A, Kawamura M. 2015. The emergence of artistic ability following traumatic brain injury. *Neurocase*, 21 (1):90-94.
- Miller BL, Cummings J, Mishkin F, Boone K, Prince F, Ponton M, Cotman C. 1998. Emergence of artistic talent in frontotemporal dementia. *Neurology*, 51 (4):978-982.
- Mitchell P, Ropar D. 2004. Visuo-spatial abilities in autism: A review. *Infant and Child Development*, 13 (3):185-198.
- Moles AA. 1971. *Informationstheorie und ästhetische Wahrnehmung*. DuMont Schauberg.
- Mollon J. 1974. After-effects and the brain. *New Scientist*, 61 (886):479-482.
- Monti DA, Peterson C, Kunkel EJS, Hauck WW, Pequignot E, Rhodes L, Brainard GC. 2006. A randomized, controlled trial of mindfulness-based art therapy (MBAT) for women with cancer. *Psycho-Oncology*, 15 (5):363-373.
- Morgan M, Dillenburger B, Raphael S, Solomon JA. 2012. Observers can voluntarily shift their psychometric functions without losing sensitivity. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74 (1):185-193.
- Mössler K, Chen X, Heldal TO, Gold C. 2011. Music therapy for people with schizophrenia and schizophrenia-like disorders. *The Cochrane Library*.
- Myers CS. 1925. Conceptions of fatigue and adaptation. *Psychological Review*, 32 (1):1.
- Nadal M. 2007. Complexity and aesthetic preference for diverse visual stimuli: Doctoral thesis, Universitat de les Illes Balears. Spain.
- Olshausen BA, Field DJ. 1996. Natural image statistics and efficient coding\*. *Network: computation in neural systems*, 7 (2):333-339.
- Orians GH. 1986. An ecological and evolutionary approach to landscape aesthetics. *Landscape meanings and values*:3-25.
- Ou LC, Luo MR. 2004b. Colour preference and colour emotion. *Design and Emotion*. CRC Press.
- Ou LC, Luo MR, Woodcock A, Wright A. 2004a. A study of colour emotion and colour preference. Part I: Colour emotions for single colours. *Color Research & Application*, 29 (3):232-240.
- Palmer SE, Schloss KB, Sammartino J. 2013. Visual aesthetics and human preference. *Annual review of psychology*, 64:77-107.
- Park WJ, Chong SC. 2012. The Influence of Painting Composition on Human Perception. *Seeing and perceiving*, 25 (6):521-543.



- Piechowski-Jozwiak B, Bogousslavsky J. 2013. Neurological diseases in famous painters. Progress in brain research.
- Pinna B. 2007. Art as a scientific object: toward a visual science of art. *Spatial Vision*, 20 (6):493-508.
- Ramachandran VS, Hirstein W. 1999. The science of art: A neurological theory of aesthetic experience. *Journal of consciousness Studies*, 6 (6-7):15-51.
- Ratiu P, Talos I-F, Haker S, Lieberman D, Everett P. 2004. The tale of Phineas Gage, digitally remastered. *Journal of neurotrauma*, 21 (5):637-643.
- Ravin JG, Ravin TB. 1999. What ailed goya? *Survey of ophthalmology*, 44 (2):163-170.
- Redies C. 2007. A universal model of esthetic perception based on the sensory coding of natural stimuli. *Spatial Vision*, 21 (1):97-117.
- Redies C, Amirshahi SA, Koch M, Denzler J. 2012. PHOG-derived aesthetic measures applied to color photographs of artworks, natural scenes and objects. *Computer Vision–ECCV 2012 Workshops and Demonstrations*. Springer.
- Redies C, Groß F. 2013. Frames as visual links between paintings and the museum environment: an analysis of statistical image properties. *Frontiers in psychology*, 4.
- Redies C, Hasenstein J, Denzler J. 2007a. Fractal-like image statistics in visual art: similarity to natural scenes. *Spatial Vision*, 21 (1):137-148.
- Redies C, Hänisch J, Blickhan M, Denzler J. 2007b. Artists portray human faces with the Fourier statistics of complex natural scenes. *Network: Computation in Neural Systems*, 18 (3):235-248.
- Rentzeperis I. 2012. Color and form signals in the human brain: Diss., Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 20583, 2012.
- Rhodes G, Jeffery L, Watson TL, Clifford CW, Nakayama K. 2003. Fitting the mind to the World Face Adaptation and Attractiveness Aftereffects. *Psychological science*, 14 (6):558-566.
- Richardson P, Jones K, Evans C, Stevens P, Rowe A. 2007. Exploratory RCT of art therapy as an adjunctive treatment in schizophrenia. *Journal of mental health*, 16 (4):483-491.
- Rigau J, Feixas M, Sbert M. 2008. Informational aesthetics measures. *IEEE Computer Graphics and Applications*, (2):24-34.
- Ruddy R, Milnes D. 2005. Art therapy for schizophrenia or schizophrenia-like illnesses. The Cochrane Library.

- Russell PA. 2000. The aesthetics of rectangle proportion: Effects of judgment scale and context. *The American journal of psychology*, 113 (1):27.
- Sacks OW, van Gunsteren D. 1995. Der Mann, der seine Frau mit einem Hut verwechselte. Rowohlt.
- Santella A, DeCarlo D. 2002. Abstracted painterly renderings using eye-tracking data. *Proceedings of the 2nd international symposium on Non-photorealistic animation and rendering*. ACM.
- Schneider M, Rein H. 1971. Einführung in die Physiologie des Menschen. 16. edn Berlin.
- Schott G. 2012. Pictures as a neurological tool: lessons from enhanced and emergent artistry in brain disease. *Brain*, 135 (6):1947-1963.
- Schweinberger SR, Zäske R, Walther C, Golle J, Kovács G, Wiese H. 2010. Young without plastic surgery: Perceptual adaptation to the age of female and male faces. *Vision research*, 50 (23):2570-2576.
- Seeley WW, Matthews BR, Crawford RK, Gorno-Tempini ML, Foti D, Mackenzie IR, Miller BL. 2008. Unravelling Boléro: progressive aphasia, transmodal creativity and the right posterior neocortex. *Brain*, 131 (1):39-49.
- Shapley R, Enroth-Cugell C. 1984. Visual adaptation and retinal gain controls. *Progress in retinal research*, 3:263-346.
- Shapley R, Victor J. 1978. The effect of contrast on the transfer properties of cat retinal ganglion cells. *The Journal of physiology*, 285 (1):275-298.
- Sharpee TO, Sugihara H, Kurgansky AV, Rebrik SP, Stryker MP, Miller KD. 2006. Adaptive filtering enhances information transmission in visual cortex. *Nature*, 439 (7079):936-942.
- Simmons DR, Robertson AE, McKay LS, Toal E, McAleer P, Pollick FE. 2009. Vision in autism spectrum disorders. *Vision research*, 49 (22):2705-2739.
- Simoncelli EP, Olshausen BA. 2001. Natural image statistics and neural representation. *Annual review of neuroscience*, 24 (1):1193-1216.
- Simunovic MP. 2014. "The El Greco Fallacy" Fallacy. *JAMA ophthalmology*, 132 (4):491-494.
- Skowbo D, Timney B, Gentry T, Morant R. 1975. McCollough effects: Experimental findings and theoretical accounts. *Psychological Bulletin*, 82 (4):497.
- Städtler T. 2003. Lexikon für Psychologie und Pädagogik. Stuttgart: Alfred Körner Verlag. 147.

- Teich AF, Qian N. 2003. Learning and adaptation in a recurrent model of V1 orientation selectivity. *Journal of Neurophysiology*, 89 (4):2086-2100.
- Thompson P, Burr D. 2009. Visual aftereffects. *Current Biology*, 19 (1):R11-R14.
- Treffert DA. 2009. The savant syndrome: an extraordinary condition. A synopsis: past, present, future. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364 (1522):1351-1357.
- Troje NF, Westhoff C. 2006. The inversion effect in biological motion perception: evidence for a "life detector"? *Current Biology*, 16 (8):821-824.
- Tsukiura T, Cabeza R. 2010. Shared brain activity for aesthetic and moral judgments: implications for the Beauty-is-Good stereotype. *Social cognitive and affective neuroscience*:nsq025.
- Ulanovsky N, Las L, Farkas D, Nelken I. 2004. Multiple time scales of adaptation in auditory cortex neurons. *The Journal of Neuroscience*, 24 (46):10440- 10453.
- Vartanian O, Goel V. 2004. Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings. *Neuroreport*, 15 (5):893-897.
- Vessel EA, Rubin N. 2010. Beauty and the beholder: highly individual taste for abstract, but not real-world images. *Journal of vision*, 10 (2):18.
- Wallraven C, Fleming R, Cunningham D, Rigau J, Feixas M, Sbert M. 2009. Categorizing art: Comparing humans and computers. *Computers & Graphics*, 33 (4):484-495.
- Webster M. 2001. Visual adaptation and the relative nature of perception. *Image Processing, 2001 Proceedings 2001 International Conference on. IEEE*.
- Westerman LA, Smith RL. 1984. Rapid and short-term adaptation in auditory nerve responses. *Hearing research*, 15 (3):249-260.
- Yanulevskaya V, Uijlings J, Bruni E, Sartori A, Zamboni E, Bacci F, Melcher D, Sebe N. 2012. In the eye of the beholder: employing statistical analysis and eye tracking for analyzing abstract paintings. *Proceedings of the 20th ACM international conference on Multimedia. ACM*.
- Zaidel DW, Nadal M. 2011. Brain intersections of aesthetics and morals: perspectives from biology, neuroscience, and evolution. *Perspectives in biology and medicine*, 54 (3):367-380.
- Zeki S. 2001. Artistic creativity and the brain. *Science*, 293 (5527):51-52.
- Zeki S, Marini L. 1998. Three cortical stages of colour processing in the human brain. *Brain*, 121 (9):1669-1685.

## Internetquellen

- (1) <http://weburbanist.com/2009/07/12/stroke-of-genius-abilities-borne-of-brain-damage/> (10.04.2015)
- (2) [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Van\\_Gogh\\_-\\_Vicents\\_Stuhl\\_mit\\_Pfeife.jpeg/459px-Van\\_Gogh\\_-\\_Vicents\\_Stuhl\\_mit\\_Pfeife.jpeg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Van_Gogh_-_Vicents_Stuhl_mit_Pfeife.jpeg/459px-Van_Gogh_-_Vicents_Stuhl_mit_Pfeife.jpeg) (22.03.2015)
- (3) <http://www.williamutermohlen.org/index.php/11-artwork/self-portraits/37-self-portrait-slideshow> (22.03.2015)
- (4) <http://irisgracepainting.com> (25.03.2015)
- (5) <https://irisgrace.files.wordpress.com/2013/03/tumpty-tum.jpg> (25.03.2015)

# Lebenslauf

Name: Birgit Mallon  
Geburtsdatum: 11.12.1990  
Geburtsort: Gera  
Staatsangehörigkeit: Deutschland

## Schule

Mai 2009 Erwerb der Hochschulreife am Staatlichen Holzland-Gymnasium in Hermsdorf/ Thüringen

## Studium

Oktober 2009 Aufnahme des Studiums der Humanmedizin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Februar 2010 Aufnahme in die Studienstiftung des deutschen Volkes

## Wissenschaftliche Tätigkeit und Auslandsaufenthalte

August – September 2010 Sommerakademie zum Thema „Ethik in der Medizin“ in La Villa im Gadertal/ Italien

April – Juli 2011 Tutorin am Institut für Anatomie I Jena

Juli – Oktober 2012 Auslandsfamulatur in Kambodscha am Chey Chumneas Referral Hospital in Ta Khmao, Provinz Kandal

Oktober 2012 – Juli 2013 Tätigkeit als Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Anatomie I Jena

März 2013 Sprachstudium am Hilderstone College in Broadstairs

August – September 2014 Sommerakademie zum Thema „Zeichen der Freiheit oder Ausdruck psychischer Erkrankung? Der Suizid aus interdisziplinärer Perspektive“ in St. Johann im Ahrntal/ Italien

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich- Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Prof. Dr. Dr. Christoph Redies, Dr. Gregor Hayn-Leichsenring, Dr. rer. nat. Ali Seyed Amirshahi und Dr. rer. pol. Thomas Lehmann,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, 29.06.2015:\_\_\_\_\_

Ich danke meiner Arbeitsgruppe – insbesondere Christoph und Gregor –  
für die schöne Atmosphäre und großartige Unterstützung,  
Herrn Prof. Lehmann für die freundliche Beratung bei der statistischen Auswertung,  
Marianne für ihre beruhigende Gesellschaft  
sowie Felix, Tamara und Claudia für ihre Zeit, Meinung und offenen Augen.